INTRODUCCIÓN

Cuando un espacio se divide en dos, nace un universo: se define una unidad. La descripción, la invención y la manipulación de unidades están en la base de toda indagación científica.

En nuestra experiencia común encontramos los sistemas vivos como unidades autónomas, asombrosamente diversas, dotadas de la capacidad de reproducirse. En estos encuentros, la autonomía es tan obviamente un rasgo esencial de los sistemas vivos, que siempre que uno observa algo que parece autónomo, la reacción espontánea es considerarlo viviente. Pero, aunque revelada de continuo en la capacidad homeostática de los sistemas vivos de conservar su identidad a través de la compensación activa de las deformaciones, la autonomía parece hasta ahora ser la más huidiza de sus propiedades.

Autonomía y diversidad, conservación de la identidad y origen de la variación en el modo como se conserva dicha identidad, son los principales desafíos lanzados por la fenomenología de los sistemas vivientes a los que los hombres han dirigido durante siglos su curiosidad acerca de la vida.

En su tentativa de dar cuenta de la autonomía, el pensamiento clásico, dominado por Aristóteles, creó el vitalismo, asignándoles a los sistemas vivos un elemento rector inmaterial finalista que adquiría expresión mediante la materialización de sus formas. Después de Aristóteles y como variaciones de sus conceptos fundamentales, la historia de la biología registra muchas teorías que de un modo u otro intentan abarcar toda la fenomenología de los sistemas vivientes bajo alguna fuerza organizadora peculiar. No obstante, mientras más buscaban la formulación explícita de una u otra de esas fuerzas organizadoras especiales, más decepcionados quedaban los biólogos al hallar solamente lo mismo que en cualquiera otra parte del mundo físico: moléculas, potenciales y ciegas interacciones materiales gobernadas por leyes físicas carentes de objetivo. De ahí que, bajo la presión inevitable de la experiencia y el impulso decisivo del pensamiento cartesiano, emergiera un enfoque distinto, y que el mecanismo ganara paulatinamente el mundo biológico, al insistir en que los únicos factores operantes en la organización de los sistemas vivos son los

factores físicos y negar la necesidad de alguna fuerza inmaterial organizadora de lo vivo. En efecto, ahora parece evidente que, una vez que se lo ha definido adecuadamente, cualquier fenómeno biológico puede describirse como surgido de la interacción de procesos físico-químicos cuyas relaciones son especificadas por el contexto de su definición.

La diversidad dejó de ser una fuente de perplejidad en la comprensión de la fenomenología de los sistemas vivientes por obra del pensamiento darwiniano y de la genética particulada, que consiguieron explicar la diversidad y su origen sin recurrir a ninguna fuerza directriz peculiar. Sin embargo, la influencia de estas nociones en la elucidación del cambio evolutivo, fue más allá de la mera explicación de la diversidad y ha trasladado por completo el énfasis en la evaluación de la fenomenología biológica del individuo a la especie, de la unidad al origen de sus partes, de su organización presente a su determinación ancestral.

Hoy las dos corrientes de pensamiento representadas por la explicación físico-química y por la explicación evolutiva están entrelazadas. El análisis molecular parece permitir entender la reproducción y el cambio; el análisis evolutivo parece explicar cómo pueden haberse iniciado estos procesos. Al parecer, estamos en un punto de la historia de la biología en que se han eliminado las dificultades fundamentales. Sin embargo, los biólogos se sienten desalentados cuando procuran mirar como un todo la fenomenología de los sistemas vivos. Muchos manifiestan este desaliento rehusando contestar la pregunta ¿qué es un sistema viviente? Otros tratan de encerrar las ideas actuales en teorías amplias regidas por nociones organizadoras como los principios cibernéticos, que implícitamente exigen a los biólogos la comprensión fenomenológica que se quiere obtener con ellas. La pregunta siempre presente es: ¿Qué tienen en común todos los sistemas vivos que nos permite calificarlos de tales?, si no es una fuerza vital, si no es alguna clase de principio organizativo, ¿qué es entonces? Para tomar solamente un notable ejemplo reciente, mencionemos el libro *Le hasard et la nécessité*, de J. Monod. Él trata de responder esta pregunta, pero —cediendo a la influencia del evolucionismo— postula una organización teleonómica de naturaleza molecular, esto es la subordinación de la organización individual a un plan definido por la especie en el cual es determinante la invariancia de la reproducción. Pero las nociones teleonómicas dejan intocada en lo esencial la cuestión de la organización de la unidad viva.

Nuestro intento es señalar la naturaleza de la organización de los sistemas vivos. En nuestro enfoque tomamos como punto de partida el carácter unitario de un sistema viviente, y sostenemos que, poniendo énfasis en la diversidad, la reproducción y la especie para explicar la dinámica del cambio, el evolucionismo hizo menos notoria la necesidad de considerar la autonomía de las unidades vivas para comprender la fenomenología biológica. Pensamos que la conservación de la identidad y la invariancia de las relaciones definitorias de las unidades vivientes están en la base de la toda posible transformación ontogenética y evolutiva de los sistemas biológicos, y nos proponemos explorar esto en detalle. De modo que nuestro propósito es: comprender la organización de los sistemas vivos en relación con su carácter de unidades.

Nuestro enfoque será mecanicista: no se aducirán fuerzas ni principios que no se encuentren en el universo físico. No obstante, nuestro problema es la organización de lo vivo y, por ende, lo que nos interesa no son las propiedades de sus componentes, sino los procesos, y relaciones entre procesos, realizados por medio de los componentes. Que esto se entienda claramente. Una explicación es siempre la reformulación de un fenómeno de manera tal que sus elementos aparezcan casualmente relacionados en su génesis. Más aún, una explicación la damos siempre en nuestra calidad de observadores, y es primordial distinguir en ella lo propio del sistema, como constitutivo de su fenomenología, de los que pertenece a nuestro dominio descriptivo y, en consecuencia, a nuestras interacciones con él, con sus componentes y con el contexto en que se lo observa. *Como nuestro dominio descriptivo resulta de que contemplamos al mismo tiempo la unidad y sus interacciones en el campo de observación, las nociones que surgen en el dominio de la descripción no forman parte de la organización constitutiva de la unidad (el fenómeno) por explicar.* Por otro lado, una explicación puede asumir diferentes formas, según la naturaleza del fenómeno explicado. Así, para explicar el movimiento de un cuerpo que cae, uno recurre a propiedades de la materia y a leyes que describen el comportamiento de los cuerpos de acuerdo con esas propiedades (leyes cinéticas y gravitacionales), mientras que para explicar la organización de un equipo de control uno recurre a relaciones y a leyes que describen el comportamiento de las relaciones. En el primer caso, los elementos del paradigma causal son los cuerpos y sus propiedades; en el segundo caso, son las relaciones independientemente de la naturaleza de los cuerpos que las satisfacen. Como en este último caso, en nuestras explicaciones de la organización de los sistemas vivos, nos ocuparemos de las relaciones que los componentes físicos reales deben satis-

facer para constituir uno de estos sistemas, no de identificar estos componentes físicos. Nuestra hipótesis es que existe una organización común a todos los sistemas vivos, cualquiera sea la naturaleza de sus componentes. Dado que nuestro tema es esta organización, y no las diversas formas en que puede hacerse efectiva, no haremos distingos entre tipos de sistemas vivientes.

Esta manera de pensar no es nueva, y se relaciona explícitamente con el propio nombre de mecanismo. Nosotros sostenemos que los sistemas vivos son máquinas; al hacerlo, estamos apuntando a varias nociones que debieran ponerse en claro. Primero, implicamos un criterio no-animista que debería ser innecesario comentar mayormente. Segundo, estamos subrayando que a un sistema vivo lo define su organización y, por lo tanto, que es posible explicarlo como se explica cualquiera organización, vale decir, en términos de relaciones, no de propiedades de los componentes. Por último, señalamos el dinamismo ostensible en los sistemas vivos connotado por la palabra *máquina*.

Estamos, pues, formulando una pregunta fundamental: ¿Cuál es la organización de los sistemas vivientes, qué clase de máquinas son ellos y cómo su fenomenología, incluidas la reproducción y la evolución, queda determinada por su organización?

Capítulo I

DE MÁQUINAS VIVIENTES Y DE LAS OTRAS

1. MÁQUINAS

Las máquinas se consideran comúnmente como sistemas materiales definidos por la naturaleza de sus componentes y por el objetivo que cumplen en su operar como artefactos de fabricación humana. Sin embargo, esta manera de verlas es obviamente ingenua, ya que nada dice de cómo están constituidas. Que las máquinas son unidades, es evidente; también lo es que están formadas de componentes caracterizados por ciertas *propiedades* capaces de satisfacer ciertas *relaciones* que determinan en la unidad las interacciones y transformaciones de esos mismos componentes. No es tan evidente, sin embargo, el que la naturaleza efectiva de los componentes no tiene importancia, y que las propiedades particulares que ellos poseen, aparte de las que intervienen en las transformaciones e interacciones dentro del sistema, pueden ser cualesquiera. Las propiedades significativas de los componentes se consideran tales referidas a las relaciones, como trama de las interacciones y transformaciones, en que pueden entrar los componentes al funcionar la máquina que ellos integran.

Las relaciones que determinan, en el espacio en que están definidos, la dinámica de interacciones y transformaciones de los componentes y, con ello, los estados posibles de la máquina como unidad constituyen su organización. Aunque estas relaciones no son arbitrarias —ya que sus posibilidades quedan determinadas por las propiedades de los componentes—, la máquina en cuanto sistema bien puede serlo, porque es posible escoger numerosos componentes diferentes que satisfagan el conjunto de relaciones que definen la organización de una determinada máquina. Luego, una máquina —cualquier máquina— es un sistema que puede materializarse mediante muchas estructuras diferentes

y cuya organización definitoria no depende de las propiedades de los componentes. A la inversa, para dar cuenta de una máquina específica concreta, es necesario tomar en cuenta las propiedades de los componentes reales que en sus interacciones nos permiten inducir las relaciones definitorias de la organización de la máquina.

El uso que el hombre le dé a la máquina no es un rasgo de la organización de ésta, sino que es del dominio en que ella opera, y entra en nuestra descripción de la máquina dentro de un contexto más amplio que la máquina misma. Este es un concepto importante. Todas las máquinas que el hombre fabrica, las hace con algún objetivo, práctico o no —aunque sólo sea el de entretener—, que él especifica. Ese objetivo se manifiesta en general, pero no necesariamente, en lo que la máquina produce. No obstante, al referirnos a las máquinas empleamos la noción de objetivo porque pone en juego la imaginación del lector y facilita la tarea explicativa para darle a conocer la organización de una máquina dada. Lo inducimos a inventar la máquina de que estamos hablando. Esto no debe, sin embargo, hacernos creer que objetivo, finalidad o función son propiedades de la máquina. No porque pertenezca al dominio del observador puede, pues, el objetivo usarse para caracterizar un tipo dado de organización mecánica. Sin embargo, el producto de las operaciones de una máquina puede utilizarse con tal fin, de un modo no trivial, en el dominio descriptivo del observador.

2. *MÁQUINAS VIVIENTES*

El hecho de que los sistemas vivos son máquinas no puede demostrarse apelando a sus componentes. Más bien se debe mostrar su organización mecanisista de manera tal, que sea obvio cómo todas sus propiedades surgen de ella. Para hacer esto, describiremos primero la clase de máquinas que son los sistemas vivientes, y en seguida indicaremos cómo las propiedades peculiares que los caracterizan pueden surgir como consecuencia de la organización de esta clase de máquinas.

a. Máquinas autopoiéticas

Entre las máquinas, las hay que mantienen algunas de sus variables constantes o dentro de un rango limitado de valores. En la organización de esas máquinas, esto debe expresarse de tal modo que el proceso se defina como verificado íntegramente dentro de los límites que la misma organización de la máquina especifica. Tales máquinas son homeostáticas, y toda retroalimentación es interior a ellas. Si uno dice que hay una máquina M con retroalimentación a través del medio circundante, tal que los efectos de su salida afectan su entrada, en realidad está hablando de una máquina más grande, M', que en su organización definitoria incluye al medio circundante y al circuito de retroalimentación.

Las máquinas autopoiéticas son máquinas homeostáticas. Pero su peculiaridad no reside en esto sino en la variable fundamental que mantienen constante. *Una máquina autopoiética es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: i) generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones, y ii) constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico.* Por consiguiente, una máquina autopoiética continuamente especifica y produce su propia organización a través de la producción de sus propios componentes, bajo condiciones de continua perturbación y compensación de esas perturbaciones (producción de componentes). Podemos decir entonces que una máquina autopoiética es un sistema homeostático que tiene a *su propia organización* como la variable que mantiene constante. Esto debe entenderse claramente. Toda unidad tiene una organización especificable en términos de relaciones estáticas o dinámicas, relaciones entre elementos o relaciones entre procesos o ambos. Entre estos casos posibles, las máquinas autopoiéticas son unidades cuya organización queda definida por una concatenación particular de procesos (relaciones) de producción de componentes, la concatenación autopoiética, y no por los componentes mismos o sus relaciones estáticas. Puesto que las relaciones de producción de componentes existen sólo como procesos, si éstos se detienen, las relaciones de producción desaparecen; en consecuencia, para que una máquina sea autopoiética es necesario que las relaciones de producción que la definen sean continuamente regeneradas por los componentes que producen. Más aún, para que estos procesos constituyan una máquina, deben concatenarse para constituir una unidad, y esto es posible sólo en la medida que los componentes que ellas producen se concatenan y especifican una unidad en el espacio físico. La concatenación autopoiética de procesos en una unidad física, entonces, distingue a las máquinas autopoiéticas de todo otro tipo de unidad. En efecto: i) en

una máquina hecha por el hombre, como un automóvil, hay una organización dada en términos de procesos. Sin embargo éstos no son procesos de producción de componentes que especifiquen al automóvil como una unidad, ya que aquéllos son producidos por otros procesos que no participan en la definición de la organización del automóvil. Máquinas de este tipo son sistemas dinámicos no autopoiéticos. ii) En una unidad natural como un cristal, las relaciones espaciales entre los componentes especifican una organización reticular que lo define como miembro de una clase (un cristal de una especie particular), en tanto que los tipos de componentes que lo constituyen lo especifican como un caso particular en esa clase. Luego, en un cristal la organización queda especificada por las relaciones espaciales que definen las posiciones relativas de los componentes, en tanto que los componentes mismos especifican el carácter unitario del cristal. No ocurre así con las máquinas autopoiéticas. En efecto, aunque encontramos relaciones espaciales entre sus componentes cada vez que la fijamos, real o conceptualmente, para su observación, las relaciones espaciales observadas no la definen ni podrían definirla como autopoiética. Esto se debe a que las relaciones espaciales entre los componentes de una máquina autopoiética quedan especificadas por la red de relaciones de producción que constituyen su organización y están por consiguiente en un cambio continuo. La organización de un cristal, por lo tanto, está en un dominio diferente al de la organización autopoiética: un dominio de relaciones entre componentes, y no de relaciones de producción de componentes, un dominio de procesos, no de concatenación de procesos. En general reconocemos esto al decir que los cristales son estáticos.

Es importante comprender que al definir una máquina autopoiética no estamos usando la noción de organización en un sentido místico o trascendental, pretendiendo que tiene un valor explicativo de por sí. La estamos usando para referirnos a las relaciones específicas que definen un sistema autopoiético. La organización autopoiética significa simplemente procesos concatenados de una manera específica tal que los procesos concatenados producen los componentes que constituyen y especifican al sistema como una unidad. Es por esta razón que podemos decir que cada vez que esta organización se concreta en un sistema real, el dominio de deformaciones que este sistema puede compensar sin perder su identidad deviene en dominio de cambios en el cual el sistema, mientras existe, mantiene constante su organización. Es adecuado condensar esta descripción diciendo que los sistemas autopoiéticos

son sistemas homeostáticos que tienen a su propia organización como la variable que mantienen constante.

Las consecuencias de esta organización son importantísimas:

i) Las máquinas autopoiéticas son autónomas; es decir, subordinan todos sus cambios a la conservación de su propia organización, independientemente de cuan profundas sean las demás transformaciones que puedan sufrir durante el proceso. Otras máquinas, llamadas en lo sucesivo alopoiéticas, producen con su funcionamiento algo distinto de ellas mismas —como en el caso del automóvil. Estas máquinas no son autónomas, ya que los cambios que experimenten están necesariamente supeditados a la producción de un producto distinto de ellas.

ii) Las máquinas autopoiéticas poseen individualidad; esto es, por medio de la mantención invariante de su organización conservan activamente una identidad que no depende de sus interacciones con un observador. Las máquinas alopoiéticas tienen una identidad que depende del observador y que no se determina en su operar porque el producto de éste es diferente de su organización.

iii) Las máquinas autopoiéticas son definidas como unidades por, y sólo por, su organización autopoiética: sus operaciones establecen sus propios límites en el proceso de *autopoiesis*. No ocurre así con las máquinas alopoiéticas, cuyos límites los fija el observador que, especificando las superficies de entrada y de salida determina lo que es pertinente a su funcionamiento.

iv) Las máquinas autopoiéticas no tienen entradas ni salidas. Pueden ser perturbadas por hechos externos, y experimentar cambios internos que compensan esas perturbaciones. Si éstas se repiten, la máquina puede pasar por series reiteradas de cambios internos, que pueden ser o no los mismos. Sin embargo, cualquier serie de cambios internos que se produzca está siempre subordinada a la conservación de la organización de la máquina, siendo esta condición definitoria de las máquinas autopoiéticas. Así, toda relación entre dichos cambios y la serie de perturbaciones que podamos señalar, pertenece al dominio en que se observa la máquina, y no a su organización. Luego, aunque una máquina autopoiética puede

tratarse como máquina alopoiética, esto no revela su organización en cuanto máquina autopoiética.

Una organización puede permanecer constante siendo estática, o manteniendo constantes sus componentes, o bien manteniendo constantes las relaciones entre componentes que por otra parte están en continuo flujo o cambio. Las máquinas autopoiéticas son organizaciones de esta última clase. Ellas mantienen constantes las relaciones que las definen como autopoiéticas. La forma real en que una organización así puede concretarse efectivamente, varía según la naturaleza (las propiedades) de los elementos físicos que la materializan. En consecuencia, puede haber muchas clases distintas de máquinas autopoiéticas; no obstante, todas ellas serán tales que cualquier interferencia física con su funcionamiento fuera de su campo de compensaciones dará por resultado su desintegración: la pérdida de su *autopoiesis*. Más aún, la forma real en que se materializa la organización autopoiética de estas máquinas determina qué alteraciones pueden sufrir sin desintegrarse y, por ende, el dominio de interacciones en que es posible observarlas. Estos rasgos de la materialización de las máquinas autopoiéticas concretadas en sistemas físicos nos permiten referirnos a casos particulares de ellas, situarlas en nuestro campo de manipulación y descripción y, por consiguiente, observarlas en el contexto de un dominio de interacciones exterior a su organización. Esto tiene dos clases de consecuencias fundamentales:

i) Podemos describir las máquinas autopoiéticas, y también manejarlas, como partes de un sistema más amplio que determina los hechos exteriores que pueden perturbarlas. Así, según ya dijimos, podemos considerar esos hechos perturbadores como entradas, y considerar como salidas los cambios de la máquina destinados a neutralizar esas perturbaciones. Esto equivale a tratar como alopoiética una máquina autopoiética. En efecto, si los hechos exteriores que la perturban son de una cierta regularidad, una máquina autopoiética puede incorporarse a un sistema más amplio en calidad de componente alopoiético, sin que su organización autopoiética varíe en nada.

ii) Podemos analizar una máquina autopoiética en sus partes materiales y tratar como máquinas alopoiéticas cualquiera de sus mecanismos parciales homeostáticos y reguladores, definiendo sus superficies de entrada y de salida; esto es posible con independencia de la organización autopoiética del sistema que integran porque podemos definir un contexto diferente para nuestra observación. Estas submáquinas, por lo tanto, no son necesariamente componentes de la máquina autopoiética que integran, porque estos componentes quedan definidos por relaciones que ellos satisfacen al determinar la organización de la máquina autopoiética.

El que podamos dividir las máquinas autopoiéticas en partes, no revela la naturaleza del campo de interacciones determinado por ellas en su calidad de entidades concretas operantes en el universo físico.

b. Sistemas vivientes

Es trivialmente obvio que, si son máquinas, los sistemas vivos son máquinas autopoiéticas: transforman la materia en ellos mismos, de tal manera, que su producto es su propia organización. Consideramos también verdadera la afirmación inversa: si un sistema es autopoiético, es viviente. En otras palabras, sostenemos que *la noción de autopoiesis es necesaria y suficiente para caracterizar la organización de los sistemas vivos*. Esta equivalencia puede no parecer obvia, por razones que no pertenecen al dominio de la organización de las máquinas autopoiéticas, sino que son del dominio de la descripción y evaluación por parte del observador y expresan un rechazo apriorístico. He aquí algunas de esas razones:

i) En general, las máquinas se consideran artefactos hechos por el hombre, con propiedades determinísticas que las hacen perfectamente predecibles, al menos conceptualmente. Los sistemas vivos se consideran autónomos, en última instancia impredecibles, de comportamiento intencional similar al nuestro. Si los sistemas vivientes fueran máquinas, podría fabricarlos el hombre, y parece increíble que el hombre pueda hacer un sistema vivo. Opinión fácil de descalificar porque implica, o que los sistemas vivientes no pueden entenderse por ser demasiado complejos para nuestro pobre intelecto, o que derivan de principios todavía desconocidos, o que los principios que los generan son decididamente incognoscibles —juicios todos apriorísticos, sin la debida demostración. Parece temerse que la maravilla de lo vivo y lo animado, desaparecería si el hombre pudiese no sólo reproducir, sino diseñar, un sistema vivo.

ii) En la medida en que se ignora la naturaleza de la organización viva, no es posible reconocer cuándo se está ante un sistema que la exhibe, ya como síntesis material, ya como descripción. Uno no puede saber qué organización es viviente, a menos que uno sepa cuál es la organización de lo vivo. En la práctica, se acepta que son vivos las plantas y los animales, pero se los caracteriza como tales enumerando sus propiedades. Entre éstas, figuran como determinantes la reproducción y la evolución; a la posesión de dichas propiedades se subordina la condición de viviente. No obstante, cuando estas propiedades aparecen en un sistema, concreto o conceptual, hecho por el hombre, se señalan como importantes otras propiedades, y ningún sistema sintético se acepta como vivo.

iii) Con mucha frecuencia, se supone que la observación y la experimentación deberían revelar la naturaleza de los sistemas vivientes, y no se cree necesario para caracterizar el organismo vivo ningún análisis teórico. Sería muy largo exponer por qué discrepamos de este empirismo extremado. Diremos simplemente que argumentos epistemológicos e históricos justifican con creces la opinión contraria: ningún experimento ni observación son significativos a menos que se hagan e interpreten dentro de un marco teórico explícito.
Nuestro intento fue presentar una caracterización de los sistemas vivientes tal que de ella pudiera derivarse toda su fenomenología. Hemos tratado de hacerlo indicando la *autopoiesis* como condición necesaria y suficiente para que un sistema sea vivo.
No siempre es fácil saber si se ha alcanzado una meta dada. En el caso presente, la única indicación posible de su logro es el reconocimiento del lector de que toda la fenomenología de los sistemas vivientes, incluidas la reproducción y la evolución, en efecto requiere la *autopoiesis* y depende de ella. A esto están dedicados los capítulos siguientes.

Capítulo II

TELEONOMÍA UN CONCEPTO PRESCINDIBLE

Teología y teleonomía son nociones empleadas en la descripción y explicación de los sistemas vivos, y aunque se aduce que no intervienen necesariamente en su funcionamiento como factores causales, se afirma que son rasgos indispensables para definir su organización. Lo que nos proponemos ahora es demostrar que, a la luz del capítulo precedente, estas nociones son innecesarias para comprender la organización de lo vivo.

1. AUSENCIA DE FINALIDAD

Comúnmente se señala como el rasgo más notorio de los sistemas vivientes el poseer una organización orientada a un fin o, lo que es equivalente, dotada de un plan interno reflejado y realizado por su estructura. Así, la ontogenia se considera generalmente un proceso integral de desarrollo hacia un estado adulto, mediante el cual se alcanzan ciertas formas estructurales que le permiten al organismo desempeñar ciertas funciones en concordancia con el plan innato que lo delimita con respecto al medio circundante. Por otra parte, se considera la filogenia como una historia de transformaciones adaptativas a través de procesos reproductivos, tendiente a llevar a cabo el plan de la especie con una total subordinación del individuo a ese fin. Más aún: hay organismos que incluso pueden mostrarse capaces de especificar por anticipado (como los autores de este libro) algún objetivo, y que coordinan todas sus actividades para conseguirlo (*heteropoiesis*). Ese elemento de aparente propósito o posesión de un proyecto o programa, que ha sido llamado teleonomía sin implicar

ninguna connotación vitalista, se considera a menudo un rasgo definitorio necesario, si no suficiente, de los sistemas vivos.

Sin embargo, como viéramos en el primer capítulo, finalidad u objetivo no son rasgos de la organización de ninguna máquina (alo o autopoiética). Estas nociones quedan en el terreno del comentario de nuestras acciones, vale decir, pertenecen al dominio de las descripciones y, cuando se las aplica a una máquina o a cualquier sistema exterior a nosotros, expresan que estamos considerándolo dentro de algún contexto más amplio. En general, el observador le da algún uso a la máquina, mental o concreto, determinando así el conjunto de circunstancias en que ésta opera, así como el dominio de sus estados que él considera sus salidas. El nexo entre estas salidas, las correspondientes entradas y la relación de unas y otras con el contexto en que las incluye el observador, constituye lo que llamamos objetivo o finalidad de la máquina que está situado, necesariamente, en el dominio del observador, quien decide el contexto y establece los nexos. Análogamente, la noción de función surge cuando el observador describe los componentes de una máquina o de un sistema refiriéndolos a una unidad más amplia —que puede ser la máquina en su totalidad o parte de ella— cuyos estados constituyen el objetivo al que han de conducir los cambios de los componentes. De nuevo aquí, no importa cuán directo sea el nexo causal entre el cambio de estado de los componentes y el estado del sistema en total a que ellos dan origen con sus transformaciones; la connotación de diseño a que alude la noción de función, es establecida por el observador y no pertenece al dominio de la máquina misma.

La organización de una máquina, auto o alopoiética, sólo enuncia relaciones entre componentes y leyes que rigen sus interacciones y transformaciones. Es decir, solamente especifica las condiciones en que surgen los diversos estados de la máquina, los cuales aparecen como resultado necesario cada vez que se presentan esas condiciones. Luego, las nociones de finalidad y función *no tienen ningún valor explicativo* en el campo fenomenológico que pretenden esclarecer, porque no intervienen como factores causales en la reformulación de fenómeno alguno. Esto no impide que sean adecuadas para orientar al lector hacia determinado dominio del pensamiento. Asimismo, la predicción de un estado futuro en una máquina sólo consiste en la rápida captación de sus estados sucesivos por el observador, y cualquier referencia a un estado previo para replicar otro ulterior en términos funcionales o finalistas, es un subterfugio descriptivo, basado en la observación mental simultánea de ambos, que induce en la mente del lector una captación sinóptica de la máquina. De modo

que cualquier máquina, parte de máquina o proceso de desarrollo predecible, puede describirlo un observador como dotado de plan, finalidad o función, si lo trata en debida forma con respecto a un contexto más amplio.

En consecuencia, si los sistemas vivientes son máquinas autopoiéticas, la teleonomía pasa a ser solamente un artificio para describirlos que no revela rasgo alguno de su organización, sino lo consistente que es su funcionamiento en el campo donde se los observa. Como máquinas autopoiéticas, los sistemas vivos carecen, pues, de finalidad.

2. *INDIVIDUALIDAD*

La eliminación de la noción de teleonomía como rasgo definitorio de los sistemas vivientes, cambia por completo el carácter del problema y nos obliga a considerar la organización de la unidad como cuestión central para comprender la organización de los sistemas vivos.

En efecto, un sistema viviente puede señalarse como unidad de interacciones, y como individuo, en virtud de su organización autopoiética, que determina que todo cambio en él se produzca subordinado a su conservación, fijando así los límites que determinan lo que le pertenece y lo que no le pertenece en su materialización concreta. Si en un sistema vivo no se cumpliera (directa o indirectamente) la subordinación de todo cambio a la conservación de su organización autopoiética, dicho sistema perdería ese aspecto de su organización que lo define como unidad y, por ende, se desintegraría. Por supuesto, como quiera que se la defina, para toda unidad es cierto que la pérdida de su rasgo definitorio redunda en su desintegración; lo peculiar de los sistemas vivientes no es su posibilidad de desintegrarse, sino el hecho de que se desintegran siempre que pierden su organización autopoiética. Consecuencia de esto es que, en cada sistema vivo, todo cambio debe producirse sin interferir con su funcionamiento como unidad, en una historia de cambios a través de la cual su organización autopoiética permanente invariante. Luego, la ontogenia es expresión tanto de la individualidad de los sistemas vivos como de la forma en que esa individualidad se concreta. En cuanto proceso la ontogenia no representa, pues, el paso de un estado incompleto (embrionario) a otro más completo o definitivo (adulto), sino la manifestación del devenir de un sistema que es en cada instante la unidad en su totalidad.

La noción de desarrollo, como la de finalidad, surge en el contexto de la observación, de modo que pertenece a un dominio que no es el de la organización autopoiética del sistema vivo. Análogamente, el comportamiento que un observador puede presenciar en una máquina autopoiética, es el reflejo de la sucesión de cambios que ella experimenta mientras mantiene constantes las variables afectadas por perturbaciones y mientras establece los valores en cuya vecindad se mantienen en todo momento esas variables. Como la máquina autopoiética no tiene entradas ni salidas, toda correlación que el observador pretende revelar entre hechos externos que la perturban periódicamente y la transición de un estado a otro resultante de esas perturbaciones, pertenece a la historia de la máquina en el contexto de la observación, y no al funcionamiento de su organización autopoiética.

Capítulo III

MATERIALIZACIONES DE LA *AUTOPOIESIS*

La afirmación de que los sistemas autopoiéticos son sistemas vivientes exige demostrar que toda la fenomenología de un sistema vivo puede reducirse o subordinarse a su *autopoiesis*. Es obvio que esta demostración no puede consistir en enumerar todos los fenómenos biológicos y presentar casos de sistemas autopoiéticos que los exhiben. Más bien debe consistir en probar que la *autopoiesis*, o constituye todos los fenómenos biológicos, o bien es necesaria y suficiente para que se produzcan, si las debidas condiciones no determinantes están dadas.

I. NOCIONES DESCRIPTIVAS Y CAUSALES

Un sistema autopoiético es definido como unidad por su organización autopoiética. Para que esta organización se materialice en un sistema físico, se requieren componentes definidos por su papel en la *autopoiesis* y descriptibles solamente en relación con ella. Además, esos componentes sólo pueden concretarse en elementos materiales capaces de exhibir las propiedades necesarias en las condiciones especificadas por la organización autopoiética, y deben ser producidos en la debida relación topológica dentro del sistema autopoiético concreto que ellos integran. Por consiguiente, una organización autopoiética constituye un dominio cerrado de relaciones especificadas solamente con respecto a la organización autopoiética que ellas componen, determinando así un espacio donde puede materializarse esta organización como sistema concreto, espacio cuyas dimensiones son las relaciones de producción de los componentes que lo constituyen:

i) Relaciones constitutivas, que determinan que los componentes producidos constituyan la topología en que se materializa la *autopoiesis*.

ii) Relaciones de especificidad, que determinan que los componentes producidos sean precisamente aquellos componentes definidos por su participación en la *autopoiesis*.

iii) Relaciones de orden, que determinan que la concatenación de los componentes en sus relaciones de especificidad, constitutivas y de orden sean las especificadas por la *autopoiesis*.

La forma en que estas relaciones de producción se concreten en un sistema material depende por supuesto, de cómo se materialice la *autopoiesis*. Sin embargo, hay ciertas nociones generales, aplicables a cualquier sistema autopoiético concreto, que debemos mencionar desde luego:

i) Aunque el análisis de la constitución material de los componentes y la descripción de sus propiedades, en un campo tal de interacciones que cumplan los requisitos para su participación en un sistema autopoiético, incluiría necesariamente conceptos de energética y termodinámica, estos conceptos no entran en la caracterización del sistema autopoiético. Si los componentes pueden materializarse, la organización puede materializarse; queda implícito el cumplimiento de todas las relaciones termodinámicas y energéticas. Así, por ejemplo, en el caso concreto de la célula —que consideraremos en la sección siguiente—, las relaciones energéticas que posibilitan ciertas reacciones con participación del ATP, no son constitutivas de la organización autopoiética. Sin embargo, sí es constitutivo de la organización autopoiética el hecho de que determinadas moléculas tengan entre sus propiedades la posibilidad de cierta interacción, porque en el contexto de esa interacción mantienen las debidas relaciones energéticas.

ii) Las nociones tales como especificidad y orden, son referenciales; es decir, carecen de significado fuera del contexto en que son definidas. Así, cuando hablamos de relaciones de especificidad, nos referimos a la especificación de los componentes en el contexto de aquello que define al sistema como autopoiético. Damos por subentendido cualquier otro posible factor de

especificidad, por muy necesario que sea para que los componentes sean factibles, pero que no esté definido por la organización autopoiética. Algo parecido ocurre con la noción de orden. Las relaciones de orden se refieren al establecimiento de procesos que aseguran la presencia de los componentes en la concatenación cuyo resultado es la *autopoiesis*. No se connota ninguna otra referencia, por concebible que sea para otros aspectos de la descripción.

iii) Una organización autopoiética adquiere unidad topológica mediante su materialización en un sistema autopoiético concreto que conserva su identidad mientras sigue siendo autopoiético. Además, el espacio determinado por dicho sistema es completo en sí y no puede describirse usando dimensiones que definan otro aspecto. No obstante, cuando nos referimos a nuestras interacciones con un sistema autopoiético concreto, proyectamos ese sistema sobre el espacio en que efectuamos nuestras manipulaciones, y hacemos una descripción de esta proyección. Podemos hacer esto porque interactuamos con los componentes del sistema autopoiético a través de aquellas propiedades de sus elementos constitutivos que no quedan en el espacio autopoiético, y modificamos el sistema autopoiético modificando sus componentes. Pero nuestra descripción sigue al consiguiente cambio de la proyección del sistema autopoiético en el espacio que describimos, no en el espacio autopoiético.

iv) Las nociones tales como codificación y transmisión de informaciones no entran en la determinación de un sistema autopoiético concreto, porque no constituyen en él elementos causales. Así, la noción de especificidad no implica codificación, información ni instrucciones; solamente describe ciertas relaciones determinadas dependientes de la organización autopoiética, que dan por resultado la producción de los componentes específicos. La dimensión correcta es la de las relaciones de especificidad. Decir que el sistema, o parte de él, codifica la especificidad, no es sólo una mala designación, sino también induce a error; y esto, porque esa expresión representa la aplicación de un proceso que ocurre en el espacio de la *autopoiesis* a un proceso que ocurre en el espacio del diseño humano (*heteropoiesis*), y no una reformulación del fenómeno. La noción de codificación es una noción cognoscitiva que representa las interacciones del observador, y no un fenómeno operativo en el dominio físico. Lo

mismo rige para la noción de regulación. Esta noción es válida en el campo de descripción de la *heteropoiesis*, y refleja la observación y descripción simultáneas, por el diseñador (o su equivalente), de transiciones interdependientes del sistema que ocurren en un orden preestablecido y a velocidades especificadas. La dimensión correspondiente en un sistema autopoiético es la de producción de orden; pero otra vez aquí en el contexto de la *autopoiesis*, y no de ningún estado particular del sistema que aparezca proyectado en nuestro campo de descripciones. La noción de regulación puede, pues, entrar en la descripción, pero no constituye un elemento causal de la organización autopoiética.

2. *MATERIALIZACIÓN MOLECULAR*

Que una célula es un sistema autopoiético, es trivialmente visible en su ciclo vital. Lo que no es trivial es cómo la célula es una materialización molecular de la *autopoiesis*. Esto es aparente al analizarla en términos de las dimensiones de su espacio autopoiético:

1) Producción de las relaciones constitutivas (véase lámina de p. 6).
Las relaciones constitutivas son relaciones que determinan la topología de la organización autopoiética y, por ende, sus límites físicos. La producción de relaciones constitutivas mediante la producción de los componentes que mantienen esas relaciones, es una de las dimensiones definitorias de un sistema autopoiético. En la célula, tales relaciones constitutivas se producen por medio de la producción de moléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos) que determinan la topología de las relaciones de producción en general; vale decir, de moléculas que determinan las condiciones de proximidad física necesaria para que los componentes mantengan las relaciones que los definen. La célula determina sus límites físicos mediante su dimensión de producción de las relaciones constitutivas que especifican su topología. En la célula no hay ninguna especificación de lo que ella no es.

2) Producción de relaciones de especificidad (véase lámina de p. 6).
Las relaciones de especificidad son relaciones que determinan la identidad (las propiedades) de los componentes de la organización autopoiética y, por lo tanto, su factibilidad material. La producción de relaciones de especificidad mediante la producción de componentes que puedan mantener esas relaciones, es otra de las dimensiones definitorias de un sistema autopoiético. En la célula, las relaciones de especificidad se producen principalmente por medio de la producción de ácidos nucleicos y proteínas que determinan la identidad de las relaciones de producción en general. Es ostensible que en la célula esto se obtiene, por una parte, mediante relaciones de especificidad entre el ADN, el ARN y las proteínas y, por otra parte, mediante relaciones de especificidad entre las enzimas y los substratos. Tal producción de relaciones de especificidad vale solamente dentro del substrato topológico determinado por la producción de relaciones constitutivas. En la célula en cuanto sistema autopoiético, no hay producción de relaciones de especificidad que no sean definitorias.

3) Producción de relaciones de orden (véase lámina de p. 6).
Las relaciones de orden son aquellas que determinan la dinámica de la organización autopoiética determinando la concatenación de las relaciones constitutivas, de especificidad y de orden y, por consiguiente, su realización efectiva. El establecimiento de relaciones de orden mediante la producción de componentes que controlan la producción de relaciones (constitutivas, de especificidad y de orden), representa la tercera dimensión del espacio autopoiético. En la célula, estas relaciones se producen principalmente por medio de la producción de componentes (metabolitos, ácidos nucleicos y proteínas) que controlan la velocidad de producción (síntesis y transformación) de todos los componentes requeridos por la producción de relaciones constitutivas, de especificidad y de orden. Las relaciones de orden forman, pues, una trama de relaciones paralelas —constitutivas, de especificidad y de orden— que constituyen la célula, en cuanto sistema en el cual se mantiene constante la relación de producción que determina esta trama, como unidad material topológica y dinámica. No hay, por parte de la organización autopoiética de la célula, ninguna ordenación de procesos que no le pertenecen.

Si se examina la lámina, es notorio que:

El ADN entra en la especificación de los polipéptidos y, por lo tanto, de las proteínas —enzimáticas y estructurales— que intervienen específicamente en

la producción de prótidos, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos y metabolitos. Los metabolitos (que incluyen todas las moléculas pequeñas, monoméricas o no, producidas en la célula) participan en la determinación de las velocidades de los diversos procesos y reacciones, en paralelo y secuenciales que constituyen la célula, estableciendo, ya por delimitación ya por participación constitutiva, una red de velocidades interdependientes tal, que toda reacción es una función del estado total de la red que ellos integran. Todos los procesos ocurren ligados a una topología determinada por la participación de los mismos en las relaciones constitutivas.

Como observadores, nosotros podemos proyectar todos los procesos celulares sobre un sistema de tres coordenadas ortogonales y decir legítimamente, con validez para la proyección, que la especificación es primordialmente producida por ácidos nucleicos, la constitución por proteínas y el orden (regulación) por metabolitos. Sin embargo, el espacio autopoiético es curvo y cerrado en el sentido de que es determinado enteramente por él mismo, y tal proyección representa nuestra relación cognoscitiva con él, pero no su constitución. En él la especificación tiene lugar en todos los puntos donde su organización determina un proceso específico (síntesis de proteínas, acción enzimática, permeabilidad selectiva); la ordenación tiene lugar en todos los puntos donde dos o más procesos se entrecruzan (cambios de velocidad o de sucesión, efectos aloestéricos, inhibición competitiva y no competitiva, activación, desactivación, etc.) determinados por la organización; la constitución se efectúa en todas las partes donde la organización determina relaciones de proximidad física (membranas, partículas, sitio activo de las enzimas). Lo que hace de este sistema una unidad con identidad e individualidad, es que todas las relaciones la producción están organizadas en un todo descriptible como sistema homeostático, que tiene su propia unicidad por variable que mantiene constante a través de la producción de sus componentes. En un sistema así, cualquier deformación en cualquier lugar no se compensa retrotrayendo el sistema a un estado idéntico en sus componentes, como el que se describiría proyectándolo sobre un espacio cartesiano tridimensional. Se compensa retrotrayéndolo a la misma organización definida como la relación entre las relaciones de producción de relaciones constitutivas, de especificidad y de orden que es la *autopoiesis*. En otras palabras, es condición constitutiva de tal sistema el que toda compensación lo mantiene en el espacio autopoiético.

Hemos señalado cómo todos los rasgos biológicos de la célula en cuanto unidad son determinados por su *autopoiesis*. En efecto, lo único que define a la célula como unidad (como individuo) es su *autopoiesis*, y la única restricción impuesta a la existencia de una célula es la conservación de la *autopoiesis*. Puede variar todo lo demás: pueden variar las relaciones de topología, de especificidad y de orden, siempre que constituyan una trama en un espacio autopoiético.

3. ORIGEN

La producción de relaciones de constitución, de especificidad y de orden, no es privativa de los sistemas autopoiéticos: es inherente a las interacciones entre unidades en general, y a las interacciones moleculares en particular, y depende de las propiedades de las unidades (moléculas o no) expresadas en las relaciones geométricas y energéticas que ellas adopten. Así, las propiedades geométricas de las moléculas determinan un dominio de proximidades físicas o de relaciones espaciales en que pueden entrar, o sea las relaciones de constitución. Las propiedades químico-energéticas de las moléculas determinan las interacciones en que pueden participar y, por ende, sus relaciones de especificidad como dimensión ortogonal respecto de las relaciones constitutivas. Juntas, unas y otras determinan la sucesión y concatenación de las interacciones moleculares, o sea, las relaciones de orden. Por lo tanto, en un sistema molecular puede surgir la *autopoiesis* si las relaciones de producción están concatenadas de tal manera, que producen componentes que hacen del sistema una unidad que genera continuamente su carácter unitario. Esto equivale a decir que la *autopoiesis* surge cuando la relación que concatena dichas relaciones se produce y se mantiene constante a través de la producción de los componentes moleculares que forman el sistema mediante esta concatenación. De modo que, en general, la cuestión del origen de un sistema autopoiético es una cuestión acerca de las condiciones que deben cumplirse para el establecimiento de un espacio autopoiético. No es, pues, un problema químico, en términos de cuáles moléculas tomaron o pueden tomar parte en el proceso, sino el problema general de qué relaciones deben satisfacer las moléculas, o cualesquiera unidades constitutivas, para generar una unidad en dicho espacio. Comentario:

i) Un sistema autopoiético es definido como una unidad por y a través de su organización autopoiética, y tiene existencia topológica en el espacio

en que sus componentes tienen existencia como entidades que pueden interactuar. Para los seres vivos tal espacio es el espacio físico. Sin unidad topológica en un espacio determinado, un sistema no existe en ese espacio y, por consiguiente, sólo puede ser un sistema en el dominio de nuestra descripción, donde su unidad se estipula conceptualmente pero carece de la dinámica de las relaciones de producción que lo constituirían como sistema operante.

ii) El establecimiento de un sistema autopoiético no puede ser un proceso gradual: el sistema autopoiético o está ahí, o no está. En efecto, su establecimiento no puede ser un proceso gradual porque un sistema autopoiético es definido como sistema —vale decir, como unidad topológica— por su organización. Luego, una unidad topológica o está conformada por su organización autopoiética y el sistema autopoiético existe y permanece, o bien no hay una unidad topológica, o la hay conformada de distinta manera, y no existe un sistema autopoiético, sino alguna otra cosa. En consecuencia, no hay ni puede haber sistemas intermedios. Podemos describir un sistema y hablar de él como si pudiera, con poca transformación, convertirse en sistema autopoiético, porque podemos imaginar sistemas diferentes con los cuales lo comparamos; pero un sistema así sería intermedio solamente en nuestra descripción, y en ningún sentido una organización intermedia.

iii) Los procesos autocatalíticos no son sistemas autopoiéticos; entre otras cosas, ellos no determinan su propia topología. Su topología es determinada por un envase que es parte de la especificación del sistema pero ajeno a la operación de autocatálisis. En el espacio físico abundan los procesos de esta clase o similares. También es corriente el acoplamiento de procesos independientes para formar sistemas más extensos; éstos pueden o no ser unidades definidas por las circunstancias de su formación en un espacio dado, físico o de otra clase. Pero ellos no constituirán, ni participarán en la constitución de un sistema autopoiético, a menos que el sistema que forman llegue a definirse como unidad topológica en un espacio dado por su organización autopoiética. Una unidad se define mediante una operación de distinción: en un sistema autopoiético, la *autopoiesis* constituye la operación de distinción que lo define, y su origen es coincidente al establecimiento de dicha operación.

iv) El problema del origen de los sistemas autopoiéticos tiene dos aspectos: uno se refiere a su factibilidad y el otro, a su posibilidad de aparición espontánea. Cabe formular el primer aspecto de la manera siguiente: el surgimiento de cualquier sistema depende de la presencia de los componentes que lo integran y de las clases de interacciones en que pueden entrar; luego, dados los componentes apropiados y la debida concatenación de sus interacciones, el sistema se hace real. La cuestión concreta relativa a la factibilidad de un sistema autopoiético molecular es, pues, la cuestión de las condiciones en que pueden concatenarse diversos procesos químicos para formar unidades topológicas que constituyen redes en el espacio autopoiético. El segundo aspecto se puede enunciar así: dadas la factibilidad de los sistemas autopoiéticos y la existencia de sistemas autopoiéticos terrestres, ¿hay condiciones naturales en los que éstos pueden generarse espontáneamente? Concretando, la cuestión sería: ¿cuáles fueron o son las condiciones naturales en que surgieron o surgen espontáneamente en la Tierra componentes cuyas propiedades hacen factibles algunos sistemas autopoiéticos? Esta pregunta no puede contestarse independientemente de la forma como se responda la cuestión de la factibilidad, especialmente en lo que se refiere a la factibilidad de una o varias clases distintas de sistemas autopoiéticos moleculares. La actual presencia en la Tierra de una modalidad de organización autopoiética (el sistema ácido nucleico-proteína) no se puede interpretar en el sentido de que la cuestión de la factibilidad tiene una sola respuesta.

Las nociones que hemos comentado son válidas para el origen (la formación) de los sistemas autopoiéticos en cualquier nivel de materialización, molecular o supramolecular. No nos detendremos en las circunstancias particulares de ninguna de esas materializaciones. Dejaremos este asunto hasta aquí , y tomaremos la existencia de los sistemas vivientes como prueba existencial de la factibilidad de la organización autopoiética. Lo que consideraremos en seguida es la importancia de la unidad topológica para la diversidad de los sistemas autopoiéticos.

Capítulo IV

DIVERSIDAD DE LA *AUTOPOIESIS*

Los sistemas vivientes son sistemas autopoiéticos. La diversidad de los sistemas vivientes es obvia. También es obvio que esta diversidad depende de la reproducción y de la evolución. Sin embargo, la reproducción y la evolución no entran en la caracterización de la organización viva, y los sistemas vivientes son definidos como unidades por su *autopoiesis*. Esto es significativo porque hace que la fenomenología de los sistemas vivos dependa sólo de su condición de unidades autopoiéticas. En efecto, la reproducción requiere la existencia de una unidad que reproducir, y está necesariamente subordinada al surgimiento de tal unidad; la evolución requiere reproducción y posibilidad de cambio mediante la reproducción de lo que evoluciona, y está necesariamente subordinada al surgimiento de la reproducción. Se deduce que la evaluación correcta de la fenomenología de los sistemas vivientes, incluidas la reproducción y la evolución, requiere su comprensión como unidades autopoiéticas.

1. SUBORDINACIÓN A LA CONDICIÓN DE UNIDAD

La unidad (posibilidad de distinguirse de un fondo y, por lo tanto, de otras unidades) es la sola condición necesaria para tener existencia en cualquier dominio dado. En efecto, la naturaleza de una unidad y el dominio en que ella existe son especificados sólo por la operación de distinción que la señala, sea ésta conceptual —cuando un observador define una unidad distinguiéndola en su campo de expresión o descripción—, sea ésta material —cuando se establece una unidad poniendo efectivamente en acción sus propiedades definitorias mediante su funcionamiento real en el espacio físico. En consecuencia,

clases distintas de unidades necesariamente difieren en el dominio en que se establecen y, teniendo dominios de existencia diferentes, pueden interactuar o no, según que esos dominios se intersecten o no. La distinción de una unidad no es, pues, una noción abstracta, con validez puramente conceptual para fines descriptivos o analíticos, sino una noción operante relativa al proceso por medio del cual llega una unidad a constituirse o definirse: las condiciones que determinan una unidad definen su fenomenología. En los sistemas vivientes, estas condiciones son determinadas por su organización autopoiética. En efecto, *autopoiesis* implica subordinación de todo cambio en el sistema autopoiético a la mantención de su organización autopoiética y, como esta organización lo define como unidad, subordinación de toda la fenomenología del sistema a la conservación de su unidad. Esta subordinación tiene las siguientes consecuencias:

i) El surgimiento de una unidad determina el dominio de su fenomenología, pero el modo como está constituida la unidad determina la clase de fenomenología que ella genera en ese dominio. De lo cual resulta que la forma particular adoptada por la fenomenología de cada unidad (biológica) autopoiética depende de la forma particular en que se concreta su *autopoiesis* individual, y que el dominio de cambios ontogénicos (incluida la conducta) de cada individuo es el dominio de las trayectorias homeostáticas por medio de las cuales puede él conservar su *autopoiesis*.

ii) Toda la fenomenología biológica es necesariamente determinada y realizada por individuos (es decir, por unidades autopoiéticas en el espacio físico), y consiste en todas las series de transformaciones que ellos pueden experimentar como sistemas homeostáticos, aisladamente o en grupos, en el proceso de mantener constantes sus relaciones definitorias individuales. Que en el proceso de sus interacciones las unidades autopoiéticas constituyan o no unidades adicionales, carece de importancia para la subordinación de la fenomenología biológica a la conservación de la identidad de los individuos. En efecto, si se produce una nueva unidad que no es autopoiética, su fenomenología —que necesariamente dependerá de su organización— será biológica o no según su dependencia respecto de la *autopoiesis* de sus componentes, y de acuerdo con eso dependerá o no de la mantención de esos componentes en calidad de unidades autopoiéticas. Si la nueva unidad es autopoiética, su fenomenología es directamente



biológica y obviamente depende de la conservación de su *autopoiesis*, la que a su vez puede depender o no de la *autopoiesis* de sus componentes.

iii) La identidad de una unidad autopoiética se mantiene mientras ella sigue siendo autopoiética, vale decir, mientras ella, en cuanto unidad en el espacio físico, sigue siendo una unidad en el espacio autopoiético, sin que importe cuánto se transforme en otros aspectos en el proceso de mantener su *autopoiesis*.

iv) Solamente después que una unidad se ha constituido en unidad autopoiética, puede la reproducción (individual) tener lugar como fenómeno biológico.

2. *PLASTICIDAD DE LA ONTOGENIA*

La ontogenia es la historia de la transformación de una unidad. Por consiguiente, la ontogenia de un sistema vivo es la historia de la conservación de su identidad a través de su *autopoiesis* continuada en el espacio físico. El simple hecho de que un sistema autopoiético es un sistema dinámico hecho realidad mediante relaciones de producción que implican interacciones y transformaciones físicas concretas, implica que la ontogenia de un sistema vivo deba efectuarse en el espacio físico. Esta concepción de la ontogenia da lugar a varias consideraciones:

i) Como el modo de mantener su identidad de un sistema autopoiético depende de su modalidad particular de *autopoiesis*, distintas clases de sistemas autopoiéticos tienen diferentes clases de ontogenia.

ii) Como un sistema autopoiético no tiene entradas ni salidas, todos los cambios que él experimente sin perder su identidad y, por lo tanto, manteniendo sus relaciones definitorias, son necesariamente determinados por su organización homeostática. Luego, la fenomenología de un sistema autopoiético necesariamente está siempre en correspondencia con las perturbaciones o deformaciones que él sufre sin perder su identidad, y con el ambiente deformador en que está situado; de no ser así, se desintegraría.

iii) Como consecuencia de la naturaleza homeostática de la organización autopoiética, la forma en que la *autopoiesis* realiza en cualquiera unidad dada puede variar durante su ontogenia, con la sola restricción de que esto debe realizarse sin pérdida de la identidad, es decir, a través de una *autopoiesis* ininterrumpida.

iv) Aunque los cambios que un sistema autopoiético puede experimentar sin perder su identidad, mientras compensa las perturbaciones o las deformaciones causadas por sus interacciones, son determinados por su organización, el orden sucesivo de tales cambios es determinado por el orden sucesivo de esas deformaciones. Dos son las fuentes de deformaciones de un sistema autopoiético percibidas por un observador: una la constituye el ambiente, con sus sucesos independientes en el sentido de que ellos no son determinados por la organización del sistema; la otra la constituye el sistema mismo, con sus estados resultantes de la compensación de deformaciones, estados que pueden ser, por su parte, deformaciones que dan origen a nuevos cambios compensatorios. En la fenomenología de la organización autopoiética, estas dos fuentes de perturbación son indiscernibles, y en todo sistema autopoiético se entrelazan para configurar una sola ontogenia. Luego, aunque en un sistema autopoiético todos los cambios son determinados internamente para un observador su ontogenia refleja en parte la historia de sus interacciones con un ambiente independiente. En consecuencia, dos sistemas autopoiéticos equivalentes en otros aspectos pueden tener ontogenias distintas.

v) Un observador que contempla un sistema autopoiético como unidad en un contexto que también observa y describe como medio circundante del sistema puede distinguir en él perturbaciones de origen interno y de origen externo, aun cuando ellas sean intrínsecamente indiscernibles para el sistema autopoiético mismo. El observador puede utilizar esta distinción para hacer afirmaciones acerca de la historia del sistema autopoiético que él observa, y usar esa historia para describir un ambiente que él infiere ser el dominio en que existe el sistema. Sin embargo, de la correspondencia observada entre la ontogenia del sistema y el ambiente que dicha ontogenia describe, o el medio circundante en que lo ve, no puede inferir una representación constitutiva de éste en la organización del sistema autopoiético. La continua correspondencia entre la conducta y el ambiente,

revelada durante la ontogenia, es el resultado de la naturaleza homeostática de la organización autopoiética y no de la existencia en ella de ninguna representación del ambiente; ni es necesario en lo más mínimo que el sistema autopoiético deba obtener o desarrollar tal representación para subsistir en un ambiente cambiante. Hablar se una representación del ambiente, o del medio circundante, en la organización de un sistema vivo, puede que sea útil como metáfora, pero es inadecuado para revelar la organización de un sistema autopoiético.

vi) Los cambios compensatorios que experimenta un sistema autopoiético conservando su identidad, pueden ser de dos clases según la forma en que se realiza su *autopoiesis*: cambios conservadores, los cuales sólo implican compensaciones que no requieren cambios en las variables mantenidas constantes a través de sus procesos homeostáticos componentes; y cambios innovadores, que implican cambios en la calidad de esas variables. En el primer caso, las interacciones (internas o externas) causantes de las deformaciones no conducen a ninguna variación en la forma de realizarse la *autopoiesis*, y el sistema permanece en el mismo punto del espacio autopoiético; en cambio, en el segundo caso las interacciones conducen a una variación en el modo de realizarse la *autopoiesis* y, por ende, a un desplazamiento del sistema en el espacio autopoiético. En consecuencia, mientras el primer caso implica una ontogenia conservadora, el segundo implica una ontogenia que es además un proceso de especificación de una *autopoiesis* particular cuya determinación necesariamente depende tanto de las limitaciones organizativas del sistema como de su historia de interacciones.

3. LA REPRODUCCIÓN, UNA COMPLICACIÓN DE LA UNIDAD

La reproducción requiere una unidad que se reproduzca; por esto es que la reproducción es una operación posterior al establecimiento de la unidad y no puede entrar como rasgo definitorio en la organización de los sistemas vivientes. Además, como los sistemas vivos se caracterizan por su organización autopoiética, la reproducción debe necesariamente haber surgido como una complicación de la *autopoiesis* y durante ella, y su origen ha de considerarse

como secundario e independiente del origen de la organización viva. La dependencia de la reproducción respecto de la existencia de la unidad por reproducirse, no es un problema trivial de precedencia, sino un problema operacional en el origen del sistema reproducido y sus relaciones con el mecanismo reproductor. Por consiguiente, para entender la reproducción y sus consecuencias en los sistemas autopoiéticos, debemos analizar el operar de este proceso en relación con las *autopoiesis*.

i) Hay tres fenómenos que se deben distinguir en relación con el concepto de reproducción: la replicación, la copia y la autorreproducción.

Replicación. Un sistema que genera sucesivamente unidades distintas a él pero en principio idénticas unas a otras y con una organización que el sistema determina mientras las produce, es un sistema replicador. La replicación no es, pues, otra cosa que reproducción repetitiva. Cualquier distinción entre estos procesos surge en la descripción según el énfasis que pone el observador sobre el origen de la igual organización de las unidades producidas sucesivamente y según la importancia que él asigne a esa igualdad en un dominio distinto de aquél en que se efectúa la producción. Así, aunque todas las moléculas son producidas por procesos moleculares y atómicos específicos que pueden repetirse, solamente se habla de replicación cuando se producen ciertas clases específicas de moléculas (proteínas y ácidos nucleicos) en relación con las actividades celulares. En rigor, esa denominación se refiere exclusivamente a un contexto de observación en que se estima necesaria la identidad de las moléculas producidas sucesivamente, y no a una especificidad exclusiva de esa síntesis molecular particular.

Copia. La copia tiene lugar cuando un objeto o fenómeno dado se mapea, por algún procedimiento sobre otro sistema, produciéndose en éste un objeto o fenómeno isomórfico. En la noción de copia, el énfasis se pone en el proceso de mapeo, cualquiera que éste sea, aunque esta operación la ejecute la propia unidad modelo.

Autorreproducción. La autorreproducción tiene lugar cuando una unidad produce otra con organización similar a la de ella misma, mediante un proceso acoplado al proceso de su propia producción. Es evidente que sólo los sistemas autopoiéticos pueden autorreproducirse porque ellos son los únicos que se forman por un proceso de autoproducción (*autopoiesis*).

ii) Para un observador, hay reproducción en estos tres procesos, porque existe una unidad, un modelo de organización que, por medio de tres mecanismos diversos bien definidos, toma cuerpo en sistemas generados sucesivamente. No obstante, los tres procesos son intrínsecamente distintos, porque su dinámica da origen a fenomenologías diferentes. Esto es visible con especial nitidez si se considera la red de sistemas generados en condiciones de reproducción del modelo de organización encarnado sucesivamente. En la replicación y en la copia el mecanismo de reproducción es necesariamente exterior al modelo reproducido, mientras que en la autorreproducción es necesariamente idéntico a él. Además, solamente en la autocopia y en la autorreproducción pueden los cambios producidos en las unidades que materializan el modelo reproducido afectar al mecanismo reproductor. Las consecuencias de esto se tratarán en la sección siguiente, pero ahora debe quedar en claro que las interconexiones históricas establecidas por la reproducción entre unidades independientes varían según el mecanismo a través del cual se realiza la reproducción.

iii) En los sistemas vivos terrestres actualmente conocidos, la *autopoiesis* y la reproducción están directamente acopladas y, por lo tanto, estos sistemas son autorreproductores. En efecto, en ellos la reproducción es un momento en la *autopoiesis*, y el mismo mecanismo que constituye a la una constituye a la otra. Las consecuencias de dicho acoplamiento son importantísimas: a) La autorreproducción debe tener lugar durante la *autopoiesis*; luego, la red de individuos así producida es necesariamente completa en sí, en el sentido de que para establecerse no requiere de otro mecanismo que la *autopoiesis* determinante de las unidades autorreproductoras. No sería así si la reproducción se obtuviera por copia o aplicación externa. b) La autorreproducción es una forma de *autopoiesis*; luego, la variación y la constancia en cada etapa reproductiva no son independientes, y ambas deben presentarse como expresiones de la *autopoiesis*. c) La variación de una organización autopoiética a través de la autorreproducción sólo puede surgir durante la *autopoiesis* como modificación de una organización autopoiética preexistente y operante; luego, la variación puede surgir solamente de perturbaciones que requieren nuevas complicaciones homeostáticas para mantener constante la *autopoiesis*. La historia de los sistemas autopoiéticos conectados autorreproductivamente, sólo puede ser una historia de continua complicación de la *autopoiesis*.

iv) La clase de reproducción depende de la naturaleza de la unidad. Igual cosa rige en cuanto a su origen. La replicación ocurre independientemente de la *autopoiesis*. La copia tiene lugar solamente en la *heteropoiesis*, y se puede decir que ocurre en otras situaciones únicamente como descripción. La autorrelación se asocia exclusivamente con la *autopoiesis*, y su origen es históricamente secundario al origen de ésta. La razón de este vínculo se tratará en la sección siguiente.

v) Las nociones como codificación, mensajes o información, no son aplicables al fenómeno de la autorreproducción; su empleo en la descripción de este fenómeno constituye una tentativa de representarlo en el lenguaje del diseño heteropoiético. En efecto, las nociones de codificación, mensaje y transmisión de información son aplicables solamente a situaciones de reducción de incertidumbre en interacciones comunicativas entre unidades independientes, en condiciones en que el mensajero no participa como componente. Los ácidos nucleicos son componentes constitutivos en el proceso de la *autopoiesis* y no enlaces arbitrarios en interacciones entre entidades interdependientes. En la autorreproducción no hay transmisión de información entre entidades independientes; las unidades reproductoras y las reproducidas son entidades topológicamente independientes, producidas por medio de un proceso únicamente de *autopoiesis* en el cual todos los componentes participan constitutivamente.

4. LA EVOLUCIÓN, UNA RED HISTÓRICA

Un fenómeno histórico es un proceso de cambios en el cual cada uno de los estados sucesivos de un sistema cambiante surge como modificación de un estado previo en una transformación causal, y no *de novo* como hecho independiente. Por consiguiente, la noción de historia se puede usar, o para referirse a los antecedentes de un fenómeno dado como la sucesión de hechos que le dan origen, o bien para caracterizarlo como proceso. Se sigue que, por darse una explicación siempre en presente como reformulación del fenómeno por explicar en el dominio de las interacciones de sus elementos componentes (o de elementos isomórficos), la historia de un fenómeno como descripción de sus antecedentes no puede contribuir a explicarlo, porque los antecedentes no son componentes del fenómeno que preceden o generan. A la inversa, dado

que la historia en cuanto fenómeno ha de explicarse en presente como red causal de hechos concatenados secuencialmente, en la cual cada hecho es un estado de la red que aparece por transformación del estado anterior, se infiere que la historia, aunque no contribuya a explicar ningún fenómeno, puede permitirle a un observador explicar el origen de un fenómeno como estado dentro de una red (histórica) causal, porque él tiene acceso observacional (o descriptivo) independiente a los distintos estados del proceso histórico. Es en este contexto donde se debe considerar la fenomenología de los sistemas autopoiéticos, cuando se los examina en referencia a la evolución. La evolución biológica es un fenómeno histórico y, como tal, debe explicarse en presente, reformulándola como red histórica que se constituye a través de las interacciones causales de hechos biológicos acoplados o independientes. Además, los hechos biológicos dependen de la *autopoiesis* de los sistemas vivientes; en consecuencia, nuestro objetivo es aquí comprender cómo es que la evolución queda definida como proceso histórico por la *autopoiesis* de las unidades biológicas.

i) Si con el término evolución nos referimos a lo que ha tenido lugar en la historia de transformaciones de los sistemas vivir terrestres, la evolución en cuanto proceso es la historia del cambio de un modelo de organización materializado en unidades independientes, generadas secuencialmente a través de etapas autorreproductivas, en las cuales la organización definitoria particular de cada unidad aparece como modificación de la anterior, que constituyen así su antecedentes secuencial e histórico. Por lo tanto, la evolución requiere reproducción secuencial y cambio en cada etapa reproductiva. Sin reproducción secuencial —proceso reproductivo en que la organización definitoria de cada unidad de la serie constituye el antecedente para la organización definitoria de la siguiente—, no hay historia; sin cambio en cada etapa reproductiva de la serie, no hay evolución. En contraste, las transformaciones sucesivas de una unidad sin cambio de identidad constituyen su ontogenia, o sea, su historia individual si es una unidad autopoiética.

ii) La reproducción, por replicación o por copia, de un solo modelo invariante implica un desacoplamiento intrínseco entre la organización de las unidades producidas y el mecanismo que las produce. Como consecuencia, cualquier cambio en el modelo de organización reproducido —y materializado en las unidades producidas sucesivamente mediante replicación o copia de un solo modelo— solamente puede reflejar las ontogenias de los sistemas reproductores o las distintas ontogenias de las unidades mismas. El resultado es que, en estos casos de reproducción no secuencial, un cambio en la organización de una unidad en ninguna circunstancia afecta a la organización de las otras todavía por producir. Por tanto, independientemente de que sean autopoiéticas o no, estas unidades no constituyen una red histórica, y no se produce ninguna evolución; la colección de unidades así producidas forman una colección de ontogenias independientes. Lo contrario rige en la reproducción secuencial, ya ocurra ésta en sistemas autorreproductores que alcanzan la reproducción a través de la *autopoiesis*, o en aquellos sistemas copiadores en los cuales cada nueva unidad producida es el modelo para la siguiente. En estos casos, hay aspectos de la organización definitoria de cada unidad que determinan la organización de la siguiente mediante su acoplamiento directo con el proceso reproductivo, que así queda subordinado a ellos. En consecuencia, los cambios en estos aspectos de la organización de las unidades generadas secuencialmente, que ocurren ya sea durante su propia ontogenia o en el proceso de su generación, llevan necesariamente a la producción de una red histórica en que las unidades producidas inevitablemente encarnan de manera sucesiva un modelo cambiante de organización en el cual cada estado surge como modificación del anterior. En general, pues, la reproducción secuencial necesariamente conduce a la evolución, y en particular en los sistemas autopoiéticos, la evolución es una consecuencia de la autorreproducción.

iii) La ontogenia y la evolución son fenómenos totalmente distintos, tanto en su operar como en sus consecuencias. En la ontogenia, como historia de la transformación de una unidad, la identidad de la unidad —cualquiera sea el espacio en que exista— no se interrumpe jamás. En la evolución, como proceso de cambio histórico, hay una sucesión de identidades generadas por reproducción secuencial que forman una red histórica, y lo que varía (evoluciona) —el modelo organizativo de las unidades generadas sucesivamente— existe en un dominio diferente del de las unidades que lo encarnan. Una colección de ontogenias sucesivas en cuyas organizaciones puede un observador ver relaciones de cambio constantes pero no generadas por reproducción secuencial, no constituye un sistema

evolutivo, ni aunque reflejen la transformación continua (ontogenia) del sistema que las produjo. Es impropio hablar de evolución en la historia de cambios de una sola unidad, en cualquier espacio en que exista; las unidades sólo tienen ontogenia. Luego, es impropio hablar de evolución del universo o de evolución química de la Tierra; se debería hablar de ontogenia del universo, o de historia química de la Tierra. Asimismo, hay evolución biológica solamente cuando hay reproducción secuencial de los sistemas vivos; si antes de eso hubo sistemas autopoiéticos no reproductores, ellos no evolucionaron, y sólo hubo la historia de sus distintas ontogenias.

iv) La selección, en cuanto proceso en una población de unidades, es un proceso de realización diferencial de ellas en un contexto que determina las organizaciones unitarias que pueden realizarse. En una población de unidades autopoiéticas, la selección es un proceso de realización diferencial de la *autopoiesis* y, por lo tanto, si las unidades autopoiéticas son autorreproductoras, la selección es un proceso de autorreproducción diferencial. Por consiguiente, si en cada etapa reproductiva existen reproducción secuencial y posibilidad de cambio, la selección puede hacer, de la transformación del modelo organizativo reproducible encarnado en cada unidad sucesiva, una función recursiva del dominio de interacciones especificado por esa misma unidad autopoiética. Si todo sistema autopoiético que se concreta es necesariamente adaptado al dominio en que existe, y si la adaptación es el requisito para que cualquier sistema autopoiético pueda realizarse, la evolución tiene lugar solamente como proceso de continua adaptación de las unidades que encarnan al modelo organizativo en evolución. Por consiguiente, sistemas evolutivos distintos diferirán no en cuanto a ser más o menos adaptados, sino sólo en cuanto al dominio en que se hace realidad el modelo organizativo en evolución y, por ende, en que se efectúa la selección. Luego, en los sistemas vivientes autorreproductores que conservan su identidad en el espacio físico (mientras su organización autopoiética homeostática es compatible con las limitaciones del ambiente en que ellos existen), la evolución es necesariamente un proceso de adaptación continuada, porque solamente se reproducen, de entre estos sistemas, aquéllos cuya *autopoiesis* puede realizarse, sin que importe cuánto varíe en otros respectos, en cada etapa reproductiva, la forma de concretarse de su *autopoiesis*.

v) Para que la evolución tenga lugar como verdadera historia de cambios de un modelo organizativo mediante su materialización en unidades generadas sucesivamente, la reproducción debe permitir que cambie la organización reproducida secuencialmente. En los sistemas vivos actuales, la reproducción se efectúa como modificación de la *autopoiesis*, y está ligada a ella. Esto era de esperar. Es probable que inicialmente se formaran muchas clases de unidades autopoiéticas que competían entre ellas por los precursores. Si una clase de ellas tenía alguna posibilidad de autorreproducción, es evidente que de inmediato desplazaba, por selección, a las otras formas no reproductoras. Este proceso no necesita ser complejo; por ejemplo, en un sistema con *autopoiesis* distribuida (como se obtiene en la duplicación del ADN bacteriano), la fragmentación mecánica es una forma de autorreproducción. La evolución mediante selección podría haber aparecido por la selección preferencial de aquellos rasgos de las unidades autopoiéticas que facilitaban su fragmentación (y por lo tanto la regularidad y frecuencia de la autorreproducción) hasta el punto de hacerla independiente de fuerzas accidentales externas. Una vez que en un sistema autopoiético tiene lugar el proceso autorreproductor más simple, la evolución está en marcha y la autorreproducción puede iniciar una historia de cambios, con el consiguiente desplazamiento total (por selección natural) de cualesquiera unidades autopoiéticas no autorreproductoras coexistentes. *De ahí la vinculación entre autopoiesis* y reproducción, en los sistemas vivientes terrestres. Por supuesto, no es posible decir ahora qué ocurrió realmente al comienzo de la evolución biológica, pero ello no parece presentar una dificultad conceptual insuperable. El hecho es que, en los sistemas vivientes de hoy, la reproducción está decisivamente ligada a los ácidos nucleicos y a su papel en la especificación de proteínas. Esto no podría ser así si la asociación ácidos nucleicos-proteínas y variación no fuese una condición constitutiva inicial de los sistemas autopoiéticos. En efecto, sólo cambios innovadores, es decir, cambios no compensados que modifican el modo de realización de la *autopoiesis* sin interrumpirla (como cambios estructurales del ADN de organismos actuales), permiten la generación por autorreproducción de unidades reproductivamente conectadas en un proceso evolutivo. No sabemos si hubo en la historia de los sistemas vivos terrestres otros modos de organización autopoiética y otras fuentes de variación distintos del sistema ácidos nucleicos proteínas. En cualquier caso, una vez que la autorreproducción aparece en la *auto-*

poiesis, toda perturbación innovadora resulta, necesariamente, en la generación de linajes de organismos con nuevas propiedades susceptibles de selección; por lo tanto, toda perturbación innovadora constituye una fuente de variación genética en la dinámica evolutiva. En consecuencia, la fenomenología de la evolución biológica depende de dos procesos: reproducción y variación. Uno se refiere a las formas posibles de complicación de la *autopoiesis*; el otro, a los mecanismos de introducción de perturbaciones innovadoras en la *autopoiesis*. Ambos sufren transformaciones históricas que, aunque acopladas, no son equivalentes.

vi) De los dos mecanismos posibles capaces de dar origen a la reproducción secuencial, el único accesible a los sistemas autopoiéticos, en ausencia de un mecanismo copiador independiente, es la autorreproducción, debido a la coincidencia entre el mecanismo reproductor y el de constitución de la unidad. Actualmente, el proceso de copia sólo se efectúa asociado con el funcionamiento de los sistemas vivos, en particular en el aprendizaje cultural; la evolución cultural tiene lugar mediante copia secuencial de un modelo cambiante, en el proceso de adoctrinamiento social, generación tras generación.

vii) Una especie es una población, o colección de poblaciones, de individuos interconectados reproductivamente que, de esta manera, son nodos en una red histórica. Genéticamente, esos individuos comparten un patrimonio común de genes, es decir, un modelo esencialmente equivalente de organización autopoiética en transformación histórica. Históricamente, una especie surge cuando una red reproductiva de este tipo da origen a otra red reproductiva como rama que, precisamente por constituirse en red histórica independiente (reproductivamente separada), tiene otra historia. Se dice que lo que evoluciona es la especie, y que los individuos están, en su existencia histórica, subordinados a esa evolución. En un sentido descriptivo superficial, esto es aceptable, porque una especie dada, como colección existente de individuos, representa continuamente el estado de una determinada red histórica en su proceso de devenir y, al describirla como estado de una red histórica, una especie aparece necesariamente en proceso de transformación. No obstante, la especie sólo existe como unidad en el dominio histórico, mientras que los individuos que constituyen los nodos de la red histórica existen en el espacio físico. En rigor, por lo tanto, en la medida en que una red reproductiva queda definida como red histórica por todos y cada uno de los individuos que constituyen sus nodos en su devenir histórico, la especie como conjunto observable de nodos cotemporales de la red reproductiva, no evoluciona, sólo tiene historia de cambios. Lo que evoluciona es un modelo de organización autopoiética materializado en muchas variantes particulares, en una colección de individuos transitorios que juntos definen una red histórica reproductiva. Los individuos son, pues, indispensables, porque representan la única existencia física de la trama que ellos definen. La especie tiene un carácter puramente descriptivo y, aunque representa un fenómeno histórico, no constituye un componente causal en la fenomenología evolutiva.

5. *SISTEMAS AUTOPOIÉTICOS DE MAYOR ORDEN*

Cada vez que el comportamiento de una o más unidades es tal que hay un dominio en que la conducta de cada una es función de la conducta de las demás, se dice que ellas están acoplados en ese dominio. El acoplamiento surge como resultado de las modificaciones mutuas que las unidades interactuantes sufren, sin perder su identidad, en el transcurso de sus interacciones. Si durante la interacción se pierde la identidad de las unidades interactuantes, puede resultar de ello la generación de una nueva unidad, pero no se verifica acoplamiento. En general, sin embargo, el acoplamiento también puede conducir a la generación de una nueva unidad, en un dominio que puede ser distinto de aquél en que las unidades componentes (acopladas) conservan su identidad. La forma en que esto tiene lugar, como asimismo el dominio en que se constituye la nueva unidad, depende de las propiedades de las unidades componentes. En los sistemas vivos, el acoplamiento es un suceso frecuente; los comentarios que siguen están destinados a demostrar que la naturaleza de su acoplamiento la determina su organización autopoiética.

i) Los sistemas autopoiéticos pueden interactuar entre sí, sin perder su identidad, mientras sus respectivas modalidades de *autopoiesis* constituyan fuentes de perturbaciones mutuas compensables. Más aún, debido a su organización homeostática, los sistemas autopoiéticos pueden acoplarse de manera que sus respectivas *autopoiesis* se especifiquen durante el acoplamiento dentro de márgenes de tolerancia y variación determinados

durante el acoplamiento. El resultado es una unidad en que el modo de acoplamiento de sus componentes cambia durante su historia. Estas consideraciones también rigen para el acoplamiento de unidades autopoiéticas y no autopoiéticas, con las correcciones obvias en cuanto a conservación de su identidad por las segundas. En general, pues, el acoplamiento de sistemas autopoiéticos con otras unidades, autopoiéticas o no, se realiza mediante su *autopoiesis*. Que el acoplamiento puede facilitar la *autopoiesis*, no necesita discutirse más; y que esta facilitación puede tener lugar mediante la forma particular en que se realiza la *autopoiesis* de las unidades acopladas, ya se ha dicho. Se infiere que es posible la selección para el acoplamiento, y que por medio de la evolución bajo presión selectiva para acoplarse, puede desarrollarse (evolucionar) un sistema compuesto en que la *autopoiesis* individual de cada uno de sus componentes autopoiéticos está supeditada a un ambiente determinado por la *autopoiesis* de todos los integrantes autopoiéticos de la unidad compuesta. Tal sistema compuesto será necesariamente definido como unidad por las relaciones de acoplamiento de los sistemas autopoiéticos que lo integran, en un espacio especificado por la naturaleza del acoplamiento, y seguirá siendo una unidad mientras los sistemas componentes conserven la *autopoiesis* que les permite entrar en esas relaciones de acoplamiento.

Un sistema generado por el acoplamiento de varias unidades autopoiéticas puede, a primera vista, parecer autopoiético en la medida en que mantiene constante su organización a través de la actividad autopoiética de sus componentes. Sin embargo, si tal sistema no queda constituido como unidad en el espacio en que se lo señala por componentes que generan los mismos procesos de producción que los producen, sino que por otros procesos o relaciones concatenados de otra manera, el sistema no es autopoiético en dicho espacio, y el observador yerra porque la aparente *autopoiesis* del sistema es incidental a la *autopoiesis* de sus componentes. Por el contrario, un sistema generado por el acoplamiento de unidades autopoiéticas y constituido como unidad en un espacio determinado por componentes producidos en dicho espacio por procesos de producción que ellos mismos generan, es un sistema autopoiético en dicho espacio, independientemente de que estos componentes coincidan o no con las unidades autopoiéticas que los generan en su acoplamiento. Un sistema autopoiético cuya *autopoiesis* implica la *autopoiesis* de las unidades autopoiéticas que lo generan, es un sistema autopoiético de orden superior.

Si tal sistema es autopoiético en el espacio físico, es un sistema vivo.

En general, el reconocimiento efectivo de un sistema autopoiético ofrece dificultades cognoscitivas que tienen que ver con la capacidad del observador para reconocer las relaciones que definen al sistema como unidad, y con su capacidad para distinguir los bordes que lo limitan en el espacio en que se da, cualquiera que éste sea. Más aún, para señalar un sistema autopoiético es condición necesaria que el observador realice una operación de distinción que defina los límites del sistema en el mismo espacio (dominio fenomenológico) en que éste queda constituido como unidad. Si el observador no puede realizar tal operación de distinción, no puede observar al sistema autopoiético aunque pueda concebirlo. Así, por ejemplo, actualmente el reconocimiento de una célula como unidad autopoiética en el espacio físico no ofrece ninguna dificultad, porque no sólo podemos identificar su organización autopoiética al nivel bioquímico, sino que también podemos interactuar con ella visual, mecánica y químicamente en la interfase que ella define con su *autopoiesis* en dicho espacio. Con otros sistemas no pasa lo mismo. Así, por ejemplo, aún no sabemos si hay un espacio social en que una sociedad constituya una unidad autopoiética, ni cuáles serían sus componentes en dicho espacio, aunque sabemos que toda sociedad tiene mecanismos de automatización. En síntesis, las dificultades de un observador para señalar un sistema autopoiético pueden ser de dos tipos: a) Por una parte el observador puede tratar al sistema como unidad haciendo una operación de distinción en un espacio o dominio fenomenológico distinto de aquél en que el sistema es autopoiético, si no reconoce adecuadamente sus componentes ni las relaciones de producción que ellos generan; en este caso el observador no reconoce las relaciones topológicas que definen al sistema como unidad. b) Por otra parte, el observador, debido a su propia estructura cognoscitiva (modo particular de *autopoiesis*) puede ser incapaz de interactuar en el espacio en que el sistema es autopoiético y, por lo tanto, incapaz de observarlo por no poder generar las dimensiones perceptuales adecuadas. En el primer caso, el observador hace una operación de distinción que no señala un sistema autopoiético sino que señala una unidad diferente con la cual opera; en el segundo caso ninguna operación de distinción es posible y el observador al no poder señalar ningún sistema, no tiene sistema con que operar. En ambos casos la fenomenología del sistema autopoiético es un inobservable. Por el contrario, si el sistema es identificado conceptualmente, aunque

su unidad no sea un observable, es posible inducir su fenomenología al reconocer su organización.

ii) Un sistema autopoiético puede llegar a ser componente de otro sistema, si algún aspecto de su trayectoria de cambios autopoiética puede participar en la realización de ese otro sistema. Como se dijo, esto puede ocurrir en el presente, por medio de un acoplamiento que se valga de los recursos homeostáticos de los sistemas interactuantes; o a través de la evolución, mediante el efecto recurrente de una presión selectiva constante sobre el proceso de transformación de una red histórica reproductiva, lo cual da por resultado una subordinación de las *autopoiesis* individuales componentes (por medio de cambio histórico en la modalidad de éstas) al ambiente de perturbaciones mutuas especificado por ellas. Sea como fuere, un observador puede describir un integrante autopoiético de un sistema compuesto como representando un papel alopoiético en la realización del sistema más grande que ese componente contribuye a realizar con su *autopoiesis*. En otras palabras, en el contexto del sistema compuesto la unidad autopoiética opera de un modo que el observador describiría como alopoiético. Esta función alopoiética es, empero, exclusivamente un rasgo de la descripción, y pertenece a un marco de referencia establecido por el observador. Como lo describimos en el Capítulo I hay máquinas alopoiéticas, cuya organización es intrínsecamente distinta de la de las máquinas autopoiéticas que, sin hacer referencia a su función, pueden describirse señalando que el producto de su operar es diferente de ellas mismas. En consecuencia, cuando se describe un sistema autopoiético como jugando un papel alopoiético en su calidad de componente de un sistema más amplio, la descripción se refiere solamente a su participación en la producción de relaciones que adoptan la forma propia de un sistema alopoiético, pero no hay implicado nada acerca de función, la cual sólo corresponde en el dominio heteropoiético del diseño humano.

iii) Si las *autopoiesis* de las unidades integrantes de un sistema autopoiético compuesto configuran papeles alopoiéticos que definen un espacio autopoiético mediante la producción de relaciones constitutivas, de especificidad y de orden, el nuevo sistema pasa a ser una unidad autopoiética de segundo orden. Esto ocurrió efectivamente en la Tierra, con la evolución de las células para convertirse en metazoos. En estos casos, los sistemas autopoiéticos componentes pasan necesariamente a quedar subordinados, en cuanto al modo de realizar su propia *autopoiesis*, a la conservación de la *autopoiesis* de la unidad autopoiética de orden superior que ellos, mediante su acoplamiento, definen topológicamente en el espacio físico. Si el sistema autopoiético de orden superior experimenta autorreproducción (por autorreproducción de una de sus unidades autopoiéticas integrantes, o por otro medio), se inicia un proceso evolutivo en el cual la evolución del modelo organizativo de los sistemas autopoiéticos componentes está necesariamente subordinada a la evolución del modelo organizativo de la unidad compuesta. Más aún, es previsible que, dadas las circunstancias apropiadas, las unidades autopoiéticas de orden superior se formarán por selección. En efecto, si el acoplamiento surge como una manera de satisfacer la *autopoiesis*, una unidad de segundo orden formada a partir de sistemas autopoiéticos anteriores, será más estable mientras más estable sea el acoplamiento. Sin embargo, la condición más estable de todas para el acoplamiento se presenta si la organización de la unidad se acopla precisamente para mantener esa organización, vale decir, si la unidad se torna autopoiética. Hay, pues, una presión selectiva siempre presente para la constitución de sistemas autopoiéticos de orden superior a base del acoplamiento de unidades autopoiéticas de orden inferior, que en la Tierra es visible en el origen de los organismos multicelulares y, tal vez, en el origen de la célula misma. Parece que la única limitación al proceso de formación de unidades autopoiéticas de orden superior es la impuesta por las condiciones en que una unidad puede definirse en un espacio determinado.

Capítulo V

PRESENCIA DE LA *AUTOPOIESIS*

La *autopoiesis* es necesaria y suficiente para caracterizar la organización de los sistemas vivos. La reproducción y la evolución, tal como se observan en los sistemas vivientes —y todos los fenómenos derivados de ellas— surgen como procesos secundarios, subordinados a la existencia y al funcionamiento de las unidades autopoiéticas. Por lo tanto, la fenomenología biológica es la fenomenología de los sistemas autopoiéticos, y un fenómeno es fenómeno biológico solamente en la medida en que depende de un modo u otro, de la *autopoiesis* de una o más unidades autopoiéticas.

I. IMPLICACIONES BIOLÓGICAS

Un sistema viviente es tal porque es un sistema autopoiético, y es una unidad en el espacio físico porque es definido como unidad en ese espacio por medio y a través de su *autopoiesis*. Por consiguiente, toda transformación que un sistema vivo experimente conservando su identidad, debe tener lugar de una manera determinada por su *autopoiesis* definitoria y subordinarse a ella; luego, en un sistema viviente la pérdida de su *autopoiesis* es su desintegración como unidad y la pérdida de su identidad, vale decir, muerte.

i) El espacio físico está definido por componentes que pueden determinarse mediante las operaciones que los caracterizan en términos de propiedades —tales como masa, fuerza, aceleración, distancia, campo, etc.—, las propiedades a su vez quedan definidas por las interacciones de los componentes que ellas caracterizan. En el espacio físico pueden tener lugar dos clases de fenomenología, según cómo participen los componentes en su generación, a saber: estática y mecanística. La fenomenología estática es una fenomenología de relaciones entre propiedades de los componentes; la fenomenología mecanística es una fenomenología de relaciones entre procesos generados por las propiedades de los componentes. ¿Cómo hay que caracterizar la fenomenología biológica, que es la fenomenología de los sistemas autopoiéticos y, como tal, tiene lugar en el espacio físico? Por definirse la organización autopoiética en términos de relaciones entre procesos, como concatenación de procesos de producción de componentes que determinan los procesos que los producen y una unidad en el espacio físico, los fenómenos biológicos son necesariamente fenómenos de relaciones entre procesos que satisfacen la *autopoiesis* de los sistemas autopoiéticos participantes. En consecuencia, un fenómeno biológico no se define en ninguna circunstancia por las propiedades de los elementos que participan en él, sino que siempre es definido y constituido por una concatenación de procesos en relaciones subordinadas a la *autopoiesis* de por lo menos un sistema vivo.

Así, el choque accidental de dos animales que van corriendo no es, como encuentro material entre sistemas vivos, un fenómeno biológico, aun cuando tenga consecuencias biológicas; pero sí lo es el contacto corporal de dos animales en cortejo. Luego, aunque los fenómenos biológicos y los fenómenos estáticos son fenómenos físicos porqueambos se realizan a través de las propiedades de los componentes, hay una diferencia fundamental, por cuanto los fenómenos estáticos son (como ya se definiera) fenómenos de relaciones entre propiedades de los componentes, mientras que los fenómenos biológicos son fenómenos de relaciones entre procesos. Por lo tanto, en su calidad de fenómenos de relaciones entre procesos, los fenómenos biológicos son fenómenos mecanísticos, pero de una clase particular, porque las relaciones entre sus procesos constitutivos son determinadas por la participación autopoiética. La fenomenología de los sistemas vivos es, pues, la fenomenología mecanística de las máquinas autopoiéticas.

ii) Como la fenomenología mecanística de las máquinas autopoiéticas, la fenomenología biológica es perfectamente definida y, por ende, susceptible de tratamiento teórico mediante la teoría de la *autopoiesis*. En consecuencia, dicha teoría en una forma matemática será una teoría de la

concatenación de los procesos de producción que constituyen los sistemas autopoiéticos, y no una teoría de las propiedades de los componentes de los sistemas vivos. Una biología teórica es posible como teoría de la fenomenología biológica así definida, y como aplicación de nociones físicas o químicas —que pertenecen a otro dominio fenomenológico— al análisis de los fenómenos biológicos. En efecto, ya debiera ser obvio que toda tentativa de explicar un fenómeno biológico en términos estáticos o mecanismos no autopoiéticos, sería una tentativa de reformularlo en términos de relaciones entre propiedades de componentes o de relaciones entre procesos que no producen una unidad autopoiética en el espacio físico que, necesariamente, no conseguiría reformularlo. Como un fenómeno biológico tiene lugar mediante el funcionamiento de los componentes, siempre es posible abstraer de él procesos componentes que pueden describirse adecuadamente, ya sea en términos estáticos, ya en términos mecanísticos no autopoiéticos, porque, en su calidad de procesos parciales, corresponden de hecho a fenómenos estáticos o mecanísticos. En tal caso, todo nexo entre los procesos estáticos o mecanísticos no autopoiéticos y el fenómeno biológico integrado por ellos, lo proporciona el observador que los mira a ambos simultáneamente; el fenómeno biológico, sin embargo, no queda representado en estas explicaciones que, necesariamente, siguen siendo intentos de reformulación en un dominio fenomenológico no autopoiético. Una explicación biológica debe ser una reformulación en términos de procesos subordinados a la autopoiesis de los organismos participantes, o sea, una reformulación en el dominio fenomenológico biológico.

iii) Una teoría acertada de los fenómenos biológicos posibilita el análisis de la dinámica de los componentes materiales de un sistema, para determinar si ellos pueden o no participar en los procesos que integran un fenómeno biológico. En efecto, por mucho que creamos entender ahora los problemas biológicos, es evidente que sin una teoría adecuada de la *autopoiesis* no será posible responder preguntas tales como: Dado un sistema dinámico, ¿qué relaciones debo observar entre sus componentes materiales, para determinar si ellos participan o no en los procesos que hacen de él un sistema viviente? o bien: Dado un conjunto de componentes con propiedades bien definidas, ¿en qué procesos de producción pueden ellos participar de tal modo que puedan concatenarse para formar un sistema

autopoiético? La respuesta a estas preguntas es esencial, si uno quiere resolver el problema del origen de los sistemas vivientes sobre la Tierra. Las mismas preguntas deben contestarse si uno quiere diseñar un sistema vivo. En particular, debiera ser posible determinar, a partir de consideraciones teóricas biológicas, qué relaciones debe satisfacer cualquier conjunto de componentes, para que éstos participen en procesos que constituyen una unidad autopoiética. Por supuesto, el que uno desee o no hacer un sistema autopoiético es una cuestión que pertenece al dominio ético. No obstante, si nuestra caracterización de los sistemas vivos es adecuada, claro está que ellos podrían fabricarse a voluntad. Lo que queda por ver es si el hombre ha fabricado ya, o no, uno de esos sistemas —aunque sin saberlo—, y con qué consecuencias.

iv) La caracterización de los sistemas vivientes como sistemas autopoiéticos debe entenderse dotada de validez universal; es decir, la *autopoiesis* debe considerarse como definitoria de los sistemas vivos en cualquier parte del universo físico, por muy diferentes que sean a los sistemas terrestres en otros respectos. Esto no debe entenderse como una limitación de nuestra imaginación, ni una negación de que puedan existir sistemas complejos aún no imaginados. Es una afirmación acerca de la naturaleza de la fenomenología biológica: la fenomenología biológica no es ni más ni menos que la fenomenología de los sistemas autopoiéticos en el espacio físico.

2. *IMPLICACIONES EPISTEMOLÓGICAS*

i) La cuestión epistemológica fundamental en el campo de los problemas biológicos es la referente a la validez de las afirmaciones hechas acerca de los sistemas biológicos. Es obvio hoy día que las afirmaciones científicas acerca del universo adquieren su validez a través de lo efectivo de su aplicación en el dominio en que pretenden ser válidas. Sin embargo, cualquier observación —aun la que permite reconocer la validez efectiva de una afirmación científica— implica una epistemología, un cuerpo de nociones conceptuales explícitas o implícitas que determina la perspectiva de la observación y, por lo tanto, qué se puede y qué no se puede observar, qué es y qué no es validable por la experiencia, qué es y qué no es

explicable mediante un conjunto dado de conceptos teóricos. Que éste ha sido un problema básico para el tratamiento conceptual y experimental de los fenómenos biológicos, es claro en la historia de la biología, que revela una búsqueda continua de una definición de la fenomenología biológica que permita su explicación total por medio de nociones bien precisas y, en consecuencia, su plena validación en el dominio observacional. En este sentido, las nociones evolutivas y genéticas han sido hasta ahora las de más éxito. Empero, aunque estas nociones ofrecen un mecanismo para el cambio histórico, por sí solas son insuficientes porque no definen adecuadamente el campo de la fenomenología biológica. En efecto, las ideas evolutivas y genéticas al enfatizar el cambio, tratan a la especie como fuente de todo el orden biológico, señalando que la especie evoluciona, mientras los individuos son componentes transitorios cuya organización está subordinada a su fenomenología histórica. No obstante, por ser la especie en todo momento, concretamente, una colección de individuos en principio capaces de cruzamiento reproductivo, resulta que lo que definiría la organización de los individuos es, o una abstracción, o algo que requiere la existencia de individuos bien definidos con que empezar. ¿De dónde proviene la organización del individuo, cuál es el mecanismo que la determina? Esta dificultad no puede resolverse a base de argumentos puramente evolutivos y genéticos; es evidente (incluso para los evolucionistas y genetistas), que un intento de superarla recurriendo a otras nociones explicativas está destinada al fracaso si no proporcionan un mecanismo para explicar la fenomenología del individuo. Tal es el caso cuando se introduce alguna forma de preformismo, aplicando nociones de información a nivel molecular (ácidos nucleicos o proteínas), o cuando se utilizan nociones organísmicas, que enfatizan el carácter organizado de los sistemas vivientes pero no suministran un mecanismo para la definición del individuo y, así, presuponen la validez de la noción que quieren explicar.

De todo lo dicho es claro que la clave para comprender la fenomenología biológica es entender la organización del individuo. Nosotros hemos demostrado que esta organización es la organización autopoiética. Además, hemos demostrado que esta organización y su origen son plenamente explicables a base de nociones puramente mecanísticas, válidas para cualquier fenómeno en el espacio físico, y que una vez establecida, la organización autopoiética determina, en el dominio de la fenomenología

mecanística, un subdominio fenomenológico independiente: el dominio de los fenómenos biológicos. Como resultado, el dominio biológico queda totalmente definido como un dominio autocontenido; no son necesarias otras nociones adicionales, y cualquier explicación biológica adecuada tiene la misma validez epistemológica que cualquier explicación mecanística de cualquier otro fenómeno en el espacio físico.

ii) Un dominio fenomenológico es definido por las propiedades de la unidad o las unidades que lo constituyen, singular o colectivamente, por medio de sus transformaciones o interacciones. Luego, cada vez que se define una unidad o que se establecen una o más clases de unidades capaces de experimentar transformaciones o interacciones, se define un dominio fenomenológico. Dos dominios fenomenológicos se intersectan solamente en la medida en que poseen unidades generadoras comunes, vale decir, solamente en la medida en que interactúan las unidades que los determinan; de lo contrario, son completamente independientes y, evidentemente, no pueden generarse el uno al otro sin transgredir los dominios de relaciones de sus especificaciones respectivas. En cambio, un dominio fenomenológico puede generar unidades que determinan un dominio fenomenológico distinto; pero ese dominio es especificado por las propiedades de las nuevas unidades distintas, y no por la fenomenología que las genera. De no ser así, las nuevas unidades no serían en realidad unidades diferentes, sino que serían de la misma clase de las unidades que originan el dominio fenomenológico previo y generarían un dominio fenomenológico idéntico a él. Los sistemas autopoiéticos generan dominios fenomenológicos distintos al dar origen a unidades cuyas propiedades son diferentes de las propiedades de las unidades progenitoras. Estos nuevos dominios fenomenológicos están subordinados a la fenomenología de las unidades autopoiéticas, porque dependen de éstas para su realización efectiva, pero no son determinados por ellas; son determinados por las propiedades de las unidades que efectivamente les dan origen. Un dominio fenomenológico no puede explicarse mediante relaciones válidas para otro; esto es una regla general que rige también respecto de los dominios fenomenológicos diferentes generados a través del funcionamiento de los sistemas autopoiéticos. En consecuencia, así como un sistema autopoiético no se puede explicar por medio de relaciones estáticas ni de relaciones mecanísticas no autopoiéticas en el espacio físico, y debe por tanto

explicarse por medio de relaciones mecanísticas autopoiéticas en el dominio mecanístico, los fenómenos generados por las interacciones de unidades autopoiéticas deben explicarse en su dominio de interacciones y por medio de las relaciones que determinan este dominio.

iii) El desarrollo de la idea darwiniana de evolución, con su énfasis en la especie, la selección natural y la aptitud, tuvo un impacto cultural que llegó más allá de la explicación de la diversidad de los sistemas vivos y del origen de esa diversidad. Tuvo trascendencia sociológica, porque pareció brindar una explicación de la fenomenología social en una sociedad competitiva, y una justificación científica de la subordinación del destino de los individuos a los valores trascendentales que se supone entrañados en nociones tales como humanidad, estado o sociedad. En efecto, la historia social del hombre muestra una continua búsqueda de valores que expliquen o justifiquen la existencia humana, y un uso constante de nociones trascendentales para justificar la discriminación social, la esclavitud, la subordinación económica y el sometimiento político de los individuos, aislada o colectivamente, al designio o al capricho de quienes pretenden representar los valores contenidos en esas nociones. ¿Qué importa lo que le pase a un individuo, o a unos cuantos individuos, si su sacrificio es en bien de la humanidad? ¿Sobrevivirá la especie humana al embate de una guerra atómica? En esta historia de una sociedad basada en la discriminación económica y en ideas competitivas de poder, la evolución, la selección natural y las aptitudes (con su énfasis sobre la especie como entidad histórica perdurable, mantenida por individuos transitorios y dispensables), llegaron como una justificación biológica, para su estructura socioeconómica. Es cierto que lo que evoluciona es la humanidad en cuanto especie hombre. Es cierto que la competencia conduce, incluso en el hombre, al camino evolutivo. Es verdad que bajo las leyes de la selección natural sobrevive el más apto para aquello que se selecciona, y que los que no sobreviven no contribuyen al destino histórico de la especie. Pareció que, si el papel del individuo era contribuir a perpetuar la especie, todo lo que uno tenía que hacer era dejar que los fenómenos naturales siguieran su curso. La ciencia, la biología, aparecían justificando la noción de "cualquier cosa, por el bien de la humanidad", fuera cual fuese la intención o el propósito de quienquiera la enunciara.

Nosotros hemos demostrado que estos argumentos no son válidos para justificar la subordinación del individuo a la especie, porque la fenomenología biológica es determinada por la fenomenología individual, y sin individuos no hay fenomenología biológica alguna. La organización del individuo es autopoiética, y en esto estriba toda su importancia: su modo de ser es definido por su organización y su organización es autopoiética. Así, la biología ya no puede emplearse para justificar la calidad de prescindibles de los individuos en beneficio de la especie, la sociedad o la humanidad, so pretexto de que su papel es perpetuarla. biológicamente, los individuos no son prescindibles.

La dependencia de la fenomenología biológica respecto de la organización del individuo puede tener otras implicaciones sociológicas más. Hay sistemas autopoiéticos de segundo y de tercer orden; ¿qué ocurre con la sociedad humana? Esta pregunta no se puede contestar adecuadamente en la actualidad, pero hay dos consideraciones generales que pueden hacerse: 1) Si la sociedad humana hubiera de pasar a ser un sistema autopoiético compuesto de seres humanos, la unidad que se mantendría constante a través de su propio funcionamiento interno sería la sociedad, y a ella sería aplicable todo cuanto hemos dicho acerca de los sistemas vivientes en cuanto unidades. La fenomenología individual de los hombres en cuanto componentes estaría subordinada a la *autopoiesis* de la sociedad, y su propia *autopoiesis* estaría restringida a la que satisface el papel alopoiético de los individuos dentro de ella. "Cualquier cosa, por el bien de la humanidad", sería la justificación *ética* de la acción humana. 2) Aunque esto es posible, y una vez establecida puede ser muy difícil para los hombres interferir con la dinámica autopoiética de la sociedad que constituyen, una sociedad autopoiética es solamente una de las formas en que pueden concatenarse los procesos generados por los seres humanos. En efecto, sabemos que una sociedad formada según un diseño arbitrario será biológicamente válida mientras satisfaga la *autopoiesis* de sus miembros. Así, podríamos imaginar una sociedad intencionalmente constituida por sus componentes como un sistema alopoiético que activamente niega toda jerarquización sistemática entre ellos, y cuya función sea satisfacer sus necesidades materiales, intelectuales, y estéticas, proveyéndoles un medio interesante para su existencia como sistemas dinámicos y cambiantes. Es claro que este problema de la relación entre la fenomenología biológica y la social no puede responderse adecuadamente en este libro, y queda como problema abierto la pregunta: ¿hasta qué punto puede la fenomenología social considerarse fenomenología biológica?

El dominio de interacciones de una unidad autopoiética es el dominio de todas las deformaciones que ella puede experimentar sin perder su *autopoiesis*. Para cada unidad, ese dominio queda determinado por el modo particular de realizarse su *autopoiesis* y , en consecuencia, es necesariamente acotado; es decir, hay interacciones (deformaciones) que ella no puede sufrir sin perder su identidad. Más aún, la manera como un sistema autopoiético compensa sus deformaciones, un observador puede considerarla como descripción del agente deformante que ve actuar sobre el sistema; y la deformación sufrida por éste, puede él considerarla como representación del agente deformante. Como el dominio de interacciones de un sistema autopoiético es limitado, hay agentes deformantes que un observador puede ver, pero que el sistema autopoiético deformado no puede describir, porque no puede compensarlos. Este dominio, el dominio de todas las interacciones en que un sistema autopoiético puede participar sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones, es su *dominio cognoscitivo*. De esto se desprende que el dominio cognoscitivo de un sistema autopoiético es equivalente a su dominio conductual y, en la medida en que toda conducta puede ser observada, equivalente a su dominio de descripciones. O, lo que es lo mismo, que toda conducta es expresión de conocimiento (compensación de perturbaciones), y que *todo conocimiento es conducta descriptiva*. A continuación cuatro observaciones que señalan la subordinación del dominio cognoscitivo a la *autopoiesis* individual.

i) Si el dominio cognoscitivo de un sistema autopoiético está determinado por su modo particular de *autopoiesis*, y si todo conocimiento es *conducta descriptiva*, se desprende que todo conocimiento es, necesariamente, relativo al dominio cognoscitivo del que conoce y que, por ende, está determinado por su organización. Más aún, si la forma como se realiza la *autopoiesis* de un organismo cambia a lo largo de su ontogenia, su dominio cognoscitivo también cambia y su repertorio conductual (conocimientos) sigue una historia de cambios determinada por ella. La ontogenia es, por lo tanto, no sólo un proceso de especificación continua de la modalidad de *autopoiesis* de un organismo, sino que también de su dominio cognoscitivo. Intrínsecamente, pues, no es posible el conocimiento absoluto, y la validación eventual de todo conocimiento en los seres vivos (el hombre incluido) se da, necesariamente, en su *autopoiesis* continuada.

ii) Los sistemas autopoiéticos pueden interactuar entre sí en condiciones que dan por resultado el acoplamiento conductual. En este acoplamiento, la conducta autopoiética de un organismo A pasa a ser fuente de deformación para un organismo B; y la conducta compensatoria del organismo B actúa, a su vez, como fuente de deformación del organismo A, cuya conducta compensatoria actúa, por su parte, como fuente de deformación para B, y así sucesivamente, en forma recursiva, hasta que se interrumpe el acoplamiento. De esta manera, se desarrolla una cadena tal de interacciones eslabonadas que, aunque la conducta de cada organismo en cada interacción es determinada internamente por su organización autopoiética, dicha conducta es para el otro fuente de deformaciones compensables y, por lo tanto, puede calificarse de significativa en el contexto de la conducta acoplada. Éstas son interacciones comunicativas. Si los organismos acoplados son capaces de una conducta plástica y permanentemente resultan modificados en las interacciones, sus cambios —que surgirían en el contexto de sus deformaciones acopladas— constituirían dos ontogenias históricamente eslabonadas que generan un campo consensual de conducta acoplada que se especifica (se hace consensual) durante el proceso de su generación. Un campo consensual así, donde los organismos acoplados se orientan recíprocamente en su conducta, internamente determinada, por medio de interacciones que se han especificado durante sus ontogenias acopladas, es un dominio lingüístico. En tal campo consensual de interacciones, la conducta de cada organismo se puede tratar como una descripción connotativa de la conducta del otro; o bien, en el dominio del observador, como una denotación consensual. Las interacciones lingüísticas (de connotación) son intrínsecamente no informativas; el organismo A no determina, ni puede determinar, la conducta de B debido a la naturaleza misma de la organización autopoiética, la cual hace que todo cambio experimentado por un organismo sea necesaria e inevitablemente determinado por su propia organización, y no por la transmisión de información. El dominio lingüístico —como dominio consensual que resulta del acoplamiento de ontogenias de sistemas autopoiéticos— es, pues, intrínsecamente no informativo, aun cuando un observador lo describa como si lo fuese, desatendiendo la determinación interna que lo

genera en los sistemas autopoiéticos. Fenomenológicamente, el dominio lingüístico y el de la *autopoiesis* son dominios diferentes y, aunque el uno genera los elementos del otro, no se intersectan.

iii) Un sistema autopoiético capaz de interactuar con sus propios estados (como puede hacerlo un organismo dotado de sistema nervioso) y de desarrollar con otros sistemas un dominio consensual lingüístico (en el campo donde puede interactuar con sus propios estados), puede tratar sus propios estados lingüísticos como fuentes de deformaciones y, así, interactuar lingüísticamente en un dominio lingüístico cerrado. Tal sistema posee dos propiedades notables.

1) A través de interacciones recurrentes con sus propios estados lingüísticos, un sistema así puede permanecer siempre en situación de interactuar con las representaciones (según se las definió previamente) de sus interacciones. Tal sistema es un observador. El dominio de tales interacciones recurrentes es, en principio, infinito, porque no hay ningún momento en que el sistema no esté en situación de interactuar recurrentemente con sus propios estados, a menos que se pierda la *autopoiesis*. El que un sistema autopoiético con dicha capacidad, en efecto genere durante su ontogenia una serie interminable de estados diferentes, depende, obviamente, de lo que constituye una identidad. En el dominio lingüístico, donde la historia de interacciones del organismo determina el contexto en que tiene lugar cada nueva interacción lingüística y donde la relevancia circunstancial que cada estado lingüístico tiene en la realización de la *autopoiesis* determina su valor semántico, pueden, en principio, generarse infinitos estados lingüísticos semánticamente diferentes.

2) Un sistema vivo capaz de ser un observador puede interactuar con sus propios estados descriptivos, que son descripciones lingüísticas de él mismo. Si lo hace en forma recursiva, genera un dominio de autodescripciones lingüísticas en el cual es un observador de sí mismo y un observador de su observación y de su autoobservación, de una manera interminable. Este dominio lo llamamos dominio de autoobservación, y la conducta autoconsciente es conducta en el dominio de autoobservación.

iv) Toda interacción en un sistema autopoiético tiene lugar por medio de interacciones físicas, pero como tal sistema está definido en términos de relaciones, todas sus interacciones necesariamente dan por resultado cambios en estas relaciones. Así, cualesquiera sean las circunstancias de una interacción, ésta es siempre representada en la misma categoría fenomenológica: cambios en las relaciones de producción que definen y especifican el sistema autopoiético que, si son compensables, permiten la *autopoiesis* continuada. Como resultado de esto, es decir, en virtud de la naturaleza misma de la organización autopoiética, dominios conductuales que son diferentes debido a que los determinan fenomenológicamente unidades distintas, pueden ser representados en la misma categoría fenomenológica de cambios en las relaciones internas de un sistema autopoiético. Esto tiene dos implicaciones de importancia en el dominio cognoscitivo:

1) Un observador mapea todas sus interacciones como observador en el mismo dominio de relaciones, aun cuando esas interacciones pertenezcan a distintas fenomenologías porque él participa en ellas como una clase diferente de unidad (con propiedades diferentes). Mediante este mapeo, un observador puede establecer relaciones descriptivas entre sus descripciones de fenomenologías independientes. No obstante, estas relaciones sólo existen en el dominio lingüístico y constituyen conexiones solamente descriptivas, no operativas, entre fenomenologías independientes: su presentación depende de la presencia del observador.

2) El observador en cuanto tal necesariamente permanece siempre en un dominio descriptivo, vale decir, en un dominio cognoscitivo relativo. No es posible ninguna descripción de una realidad absoluta. Tal descripción requeriría una interacción con lo absoluto por describir, pero la representación que surgiría de semejante interacción necesariamente sería determinada por la organización autopoiética del observador, y no por el agente deformante; luego, la realidad cognoscitiva así generada dependería inevitablemente del conocedor, y sería relativa a él.

En toda explicación, la reformulación del fenómeno por explicar recurre a las mismas nociones lógicas (identidad, exclusión, sucesión, etc.), con prescin-

dencia del dominio fenomenológico en que ella tiene lugar, sea éste una verdadera reproducción material, una representación formal o una descripción puramente racional. Hay, pues, una lógica universal, válida para todos los dominios fenomenológicos, que se refiere a las relaciones posibles entre las unidades que los originan, y no a las propiedades de las unidades generatrices que determinan la forma como se realizan estas relaciones en cada caso y especifican cada dominio fenomenológico particular. Nosotros hemos aplicado esta lógica (no habría podido ser de otro modo) en este libro y de su validez depende la validez de nuestros argumentos, tanto como la validez de cualquier argumento racional o descubrimiento fenomenológico concreto. Además, en principio hemos demostrado mediante su aplicación, que la fenomenología de los sistemas autopoiéticos genera observadores, y que éstos, a través de su *autopoiesis*, generan una fenomenología descriptiva en que esta lógica es también necesariamente válida. Por razones epistemológicas, todo lo que hemos dicho implica un espacio (físico) donde tiene lugar la fenomenología autopoiética. Podemos concluir que tal espacio es, ontológicamente, un espacio en el cual es intrínsecamente válida la lógica que hemos aplicado en nuestra descripción. Si así no fuese, no habríamos podido hacer lo que hemos hecho en cuanto a caracterizar los sistemas vivientes y a mostrar cómo éstos pueden dar origen a sistemas capaces de autodescribirse. No podemos caracterizar este espacio en términos absolutos. En las interacciones lingüísticas, todo lo que podemos hacer es describir por medio de la conducta lingüística y, a base de estas descripciones, construir otras descripciones más que permanecen siempre en el mismo dominio de operaciones definido en relación con el sistema operante.

Una predicción es la afirmación de un caso dentro de un contexto; es una afirmación cognoscitiva y, como tal, tiene lugar en un dominio descriptivo. Así, a menos que se cometan equivocaciones, si se toman correctamente todas las relaciones que definen el contexto particular en que se hace la predicción, ésta es válida. Los errores de interpretación sólo pueden surgir por aplicación errónea, pretendiendo que uno hace una predicción en un contexto, en circunstancias que está haciéndola en otro. En particular, son posibles las predicciones en el espacio físico, porque una descripción, en cuanto conducta real, existe en un contexto de interacciones que por constitución posee un molde lógico necesariamente isomórfico con el substrato en que tiene lugar, no porque tengamos un conocimiento absoluto del universo. Estas relaciones cognoscitivas son válidas para la posible fenomenología cognoscitiva generada a través de cualquier sistema cerrado. Los sistemas vivientes son una prueba existencial de ello, pues existen solamente en la medida en que pueden existir. El capricho de nuestra imaginación no puede negar esto. Los sistemas vivos son concatenaciones de procesos en un dominio mecanístico; las fantasías son concatenaciones de descripciones en un dominio lingüístico. En un caso, las unidades concatenadas son procesos; en el otro caso, son modalidades de conducta lingüística.

La *autopoiesis* resuelve el problema de la fenomenología biológica en general, definiéndola. Surgen nuevos problemas, y los antiguos aparecen en una perspectiva diferente. En especial los que se refieren al origen de los sistemas vivientes sobre la Tierra (eobiogénesis y neobiogénesis) y los referentes a la estructura particular mediante la cual se efectúan en los animales las interacciones descriptivas recurrentes (sistema nervioso). Los seres vivos en cuanto a unidades autopoiéticas en el espacio físico definen su mundo fenomenológico en relación con su *autopoiesis* en dicho espacio, y algunos operan en ese mundo en forma recurrente, a través de sus descripciones, siéndoles imposible salir de este dominio descriptivo relativo mediante descripciones. Más aún, en este dominio de descripciones estos sistemas autopoiéticos señalan que el espacio físico es singular porque es el espacio donde ellos se dan y donde ellos, mediante su conducta, pueden describirlo como el espacio donde ellos se dan. Esto exige un enfoque cognoscitivo enteramente nuevo: hay un espacio en el cual tienen lugar distintas fenomenologías: una de ellas es la fenomenología autopoiética; la *autopoiesis* genera un dominio fenomenológico; éste es el dominio cognoscitivo.

Apéndice

EL SISTEMA NERVIOSO

La fenomenología del organismo como unidad, es la fenomenología de su *autopoiesis*. Los cambios que un organismo sufre mientras mantiene su *autopoiesis* constituyen su conducta. Para un observador, la conducta de un organismo es aparente en los cambios que éste causa en el ambiente (incluyendo el observador) en que existe. En consecuencia, la conducta observada en cualquier organismo, cualquiera sea su grado de complejidad, es siempre expresión de su *autopoiesis*. Como tal, la conducta siempre surge de una fenomenología que tiene lugar en el presente, esto es, la historia no es un componente de la organización autopoiética (ver cap IV). Sin embargo, como objetos de nuestra autoobservación o como observadores de la conducta de otros animales, vemos que las experiencias pasadas de un organismo modifican su sistema nervioso, y parecen actuar como agentes causales en la determinación de su conducta en el presente. Es decir, el operar de un sistema estado-determinado en el cual el tiempo no es un componente de su organización, nos aparece como determinado por fenómenos temporales, y hablamos de aprendizaje y memoria como corporizaciones del pasado. Pensamos que esta contradicción se resuelve en un dominio diferente del dominio de la *autopoiesis* que el sistema nervioso contribuye a generar como un componente del organismo, a saber, en el dominio de interacciones del organismo, en el que pasado y presente surgen como nuevas dimensiones del acoplamiento recursivo del organismo con su propia conducta. Nuestro propósito en este apéndice sobre el sistema nervioso, es considerar su organización como una red neuronal cuya estructura conectiva es función de este acoplamiento.

A. EL SISTEMA NERVIOSO COMO SISTEMA

El sistema nervioso es una red de neuronas interactuantes, acopladas de tres maneras al organismo que integran:

i. El organismo, incluyendo al sistema nervioso, provee el medio físico y químico para la *autopoiesis* de las neuronas (y de todas las otras células), y en consecuencia, es una posible fuente de perturbaciones físicas y químicas que pueden alterar las propiedades de éstas y llevar al organismo a ii y iii.

ii. Hay estados del organismo (físicos y químicos) que cambian el estado de actividad del sistema nervioso como un todo, al actuar sobre las superficies receptoras de algunas de las neuronas componentes, llevando al organismo a iii.

iii. Hay estados del sistema nervioso que cambian el estado del organismo (físicos y químicos) y llevándolo a i y ii.

A través de este acoplamiento el sistema nervioso participa en la generación de las relaciones autopoiéticas que definen al organismo que integra y, en consecuencia, su organización está subordinada a esta participación.

1. La neurona

Las neuronas determinan sus propios límites a través de su *autopoiesis*, por tanto, son las unidades anatómicas del sistema nervioso. Hay muchas clases de neuronas que pueden ser distinguidas por sus formas, pero todas, con independencia de la clase morfológica a la que pertenezcan, tienen ramificaciones que las ponen en relaciones operativas directas o indirectas con otras neuronas. Funcionalmente, esto es, mirada como un componente alopoiético del sistema nervioso, una neurona tiene una superficie colectora, un elemento conductor, y una superficie efectora, cuyas posiciones relativas, formas y extensiones son distintas en las diferentes clases de neuronas. La superficie colectora es aquella parte de la superficie de una neurona donde recibe influencias aferentes (sinápticas o no) de las superficies efectoras de otras neuronas o la suya propia. La superficie efectora de una neurona es aquella parte de su superficie que directa (por contactos sinápticos) o indirectamente (a través de acciones sinápticas y no sinápticas en otras clases celulares) afecta a otras células, a la superficie colectora de otras neuronas o a la suya propia.

Según su clase, una neurona puede tener sus superficies colectoras y efectoras completa o parcialmente separadas por un elemento conductor (ausencia o presencia de inhibición presináptica), o puede tener las superficies colectoras y efectoras completamente entreveradas sin elemento conductor entre ellas (células amacrinas). Las interacciones entre superficies colectoras y efectoras pueden ser excitadoras o inhibidoras de acuerdo a las clases de neuronas participantes. Efectos excitadores causan un cambio en el estado de actividad de la superficie colectora de la neurona receptora que puede llevar a un cambio en el estado de actividad de su superficie efectora; el efecto inhibidor atenúa la efectividad de la excitación de la superficie receptora, de modo que ésta puede no llegar a la superficie efectora o llega con una efectividad reducida.

Operacionalmente, el estado de actividad de una neurona, caracterizada por el estado de actividad de su superficie efectora, está determinado tanto por su organización interna (propiedades de la membrana, grueso relativo de las ramas, y en general todas las relaciones estructurales que determinan sus estados posibles), como por las influencias aferentes que llegan a su superficie receptora. Paralelamente, la efectividad de una neurona en cambiar el estado de actividad de otras neuronas depende tanto de la organización interna de éstas, como de la efectividad relativa de su acción en las superficies receptoras con respecto a otras influencias aferentes que estas neuronas reciben. Esto se debe a que las influencias excitatorias e inhibitorias no se suman linealmente en la determinación del estado de actividad de la neurona, sino más bien sus efectos dependen de la posición relativa de sus puntos de acción. Más aún, la organización de una neurona cambia a lo largo de su historia como resultado de su determinación genética y de las circunstancias de su operar durante la ontogénesis del organismo. Las neuronas no son entes estáticos cuyas propiedades permanezcan invariantes. Por el contrario, éstas cambian continuamente. De aquí tres conclusiones generales.

i. Hay muchas configuraciones de influencias aferentes (entradas) sobre la superficie receptora de una neurona que pueden producir la misma configuración de actividad eferente (salida) en su superficie efectora.

ii. Cambios en la organización interna de una neurona (independiente de si surgen determinados por las transformaciones autónomas de la célula, o por su historia de transformaciones en una red neuronal) implican cambios en las

relaciones de entradas y salidas (función de transferencia) de la neurona al cambiar el dominio de estados de actividad que ésta puede adoptar.

iii. Ninguna célula aislada o clase de células, puede determinar por sí misma las propiedades de la red neuronal que integran.

En general, entonces, la organización de una neurona y su rol en la red neuronal que integra no permanece invariante, sino que cambia a lo largo de su ontogenia de una manera subordinada a la ontogenia del organismo, ya que es producto y causa de los cambios que la red neuronal y el organismo sufren.

2. *Organización: el sistema nervioso como un sistema cerrado*

Desde el punto de vista descriptivo es posible decir que las propiedades de las neuronas, su organización interna, forma, y posiciones relativas determinan la conectividad del sistema nervioso y lo constituyen como una red dinámica de interacciones neuronales. Esta conectividad, es decir, las relaciones anatómicas y operacionales entre las neuronas, que constituyen al sistema nervioso como una red lateral, paralela, secuencial y recursiva de interacciones excitatorias e inhibitorias, determina el dominio de posibles estados dinámicos del sistema nervioso. Ya que las propiedades de las neuronas cambian a lo largo de la ontogenia del organismo, por su determinación interna, y como resultado de sus interacciones como componentes del sistema nervioso, la conectividad del sistema nervioso cambia a lo largo de la ontogenia del organismo de manera recursiva y subordinada a esta ontogenia. Mas aún, ya que la ontogenia de un organismo es la historia de su *autopoiesis*, la conectividad del sistema nervioso, a través de las neuronas que lo constituyen, está dinámicamente subordinada a la autoposición del organismo que integra.

Operacionalmente el sistema nervioso es una red cerrada de neuronas que interactúan, de manera que un cambio en la actividad de una neurona siempre lleva a un cambio en la actividad de otras neuronas, directamente a través de un efecto sináptico, o indirectamente a través de la participación de algún agente físico o químico intermedio. Por lo tanto, la organización del sistema nervioso como una red neuronal finita queda definida por relaciones de circularidad en las interacciones neuronales generales en la red. Las neuronas sensoriales y efectoras, así calificadas por un observador del organismo en su medio, no hacen excepciones a esta circularidad, ya que toda actividad en la

superficie sensorial de un organismo lleva a actividad en su superficie efectora, y toda actividad efectora lleva a cambios de actividad en las superficies sensoriales. Que en este sentido un observador pueda ver al ambiente como un intermedio entre superficie sensorial y efectora del organismo, es irrelevante porque el sistema nervioso queda definido como una red de interacciones neurales por las interacciones de sus neuronas componentes con independencia de los elementos intermediarios. Por tanto, mientras la red neural se cierre sobre sí misma, *su fenomenología es la fenomenología de un sistema cerrado* en el cual la actividad neuronal siempre lleva a actividad neuronal. Esto se válido aunque el ambiente pueda perturbar el sistema nervioso y cambiar sus estados acoplándose como un agente independiente en cualquiera de las superficies receptoras. Los cambios que el sistema nervioso puede sufrir sin desintegrarse (pérdida de las relaciones definitorias), como resultado de éstas u otras perturbaciones, están completamente especificados por la conectividad del sistema nervioso, y el agente perturbador sólo constituye un determinante histórico para la ocurrencia de tales cambios. Como red neuronal cerrada, el sistema nervioso no tiene entradas ni salidas, y no hay relaciones intrínsecas en su organización que le permitan discriminar a través de la dinámica de sus cambios de estado, entre causas externas o internas para estos cambios de estado. Esto trae dos consecuencias fundamentales:

i. La fenomenología de los cambios de estado del sistema nervioso es exclusivamente la fenomenología de los cambios de estado de una red neuronal cerrada; es decir, para el sistema nervioso como red neuronal cerrada no hay adentro o afuera.

ii. La distinción entre causas externas e internas en el origen de los cambios de estado del sistema nervioso puede sólo ser hecha por un observador que observa al organismo como unidad , y define un adentro y un afuera al delimitar sus bordes.

Es claro que es sólo con respecto al dominio de interacción del organismo como unidad que los cambios de estado del sistema nervioso pueden tener un origen externo e interno y, por lo tanto, que la historia de las causas de los cambios de estado del sistema nervioso está en un dominio fenomenológico diferente al de los cambios de estado mismos.

3. Cambio

Cualquier cambio en la organización del sistema nervioso surge de cambios en las propiedades de sus neuronas componentes. Qué cambio de hecho tiene lugar, si bioquímico o morfológico o ambos, es irrelevante para la presente discusión. Lo significativo es que estos cambios surgen en el acoplamiento del sistema nervioso y el organismo a través de su operar homeostático subordinado a la *autopoiesis* del organismo. Algunos de los cambios afectan directamente el operar del sistema nervioso porque tienen lugar en su funcionamiento como una red cerrada; otros cambios afectan al organismo porque tienen lugar a través del acoplamiento genético y bioquímico de las neuronas al organismo, y cambian las propiedades de las neuronas de una manera no relacionada con el operar mismo de la red. Los resultados son de dos tipos: por un lado, todo cambio lleva a una misma cosa, o sea a cambios en el dominio de estados posibles del sistema nervioso; por otro lado, el sistema nervioso está acoplado al organismo tanto en su dominio de interacciones como en su dominio de transformaciones internas.

4. Arquitectura

La conectividad del sistema nervioso está determinada por la forma de sus neuronas componentes. En consecuencia, todo sistema nervioso tiene una arquitectura definida, determinada por la clase y número de las neuronas que lo componen, y miembros de la misma especie tienen sistema nervioso con arquitecturas similares en la medida que tienen clases y números semejantes de neuronas. Inversamente, miembros de diferentes especies tienen un sistema nervioso con arquitecturas diferentes, de acuerdo a sus diferencias específicas en composición neuronal. Por lo tanto, la organización cerrada del sistema nervioso se realiza en diferentes especies de maneras diferentes que han sido determinadas a través de la evolución; en todos los casos, sin embargo, las siguientes condiciones se satisfacen:

i. Por su constitución como una red de interacciones laterales, paralelas, secuenciales y recursivas, el sistema nervioso se cierra sobre sí mismo a todo nivel. Por esto, las mutilaciones que pueda sufrir, en general dejan una red cerrada con una arquitectura modificada. La organización del sistema nervioso es esencialmente invariante bajo mutilaciones, en tanto que el dominio de estados posibles, que dependen de la arquitectura, no lo es. Sin embargo, por su organización cerrada, lo que quede de un sistema nervioso luego de una ablación parcial necesariamente opera como un todo con propiedades diferentes del original, pero no como un sistema al cual se le han sustraído algunas de sus propiedades.

ii. No hay intrínsecamente ninguna posibilidad de una localización operacional en el sistema nervioso, en el sentido que ninguna parte de él puede considerarse responsable de su operar como una red cerrada. Sin embargo, ya que todo sistema nervioso tiene una arquitectura definida, toda lesión localizada en él necesariamente produce una desconexión específica entre sus partes y, por lo tanto, un cambio específico en su dominio de estados posibles.

iii. La arquitectura del sistema nervioso no es estática, sino que se especifica a lo largo de la ontogenia del organismo al cual pertenece y su determinación, aunque bajo control genético, está ligada a la morfogénesis de todo el organismo. Esto tiene dos implicaciones: a) la variabilidad en la arquitectura del sistema nervioso de los miembros de una especie está determinada por diferencias individuales en constitución genética y ontogenia; b) el rango de variaciones individuales permisibles (compatible con la *autopoiesis*) esta determinado por la circunstancia en la cual la *autopoiesis* del organismo se realiza.

iv. La arquitectura del sistema nervioso y la morfología del organismo como un todo definen el dominio en el cual el ambiente puede acoplarse al organismo como una fuente de sus deformaciones. Así, mientras la arquitectura del sistema nervioso y la morfología del organismo permanezcan invariantes, o algunos de sus aspectos no varíen, hay la posibilidad de que la recurrencia de configuraciones ambientales dé origen al mismo acoplamiento organismo medio y, por lo tanto, a la recurrencia del mismo tipo de perturbaciones (cambios internos) en el organismo.

5. Estados referenciales

Hay estados del sistema nervioso que, como estados referenciales, definen los subdominios de los posibles estados que el sistema nervioso (y el organismo) pueden adoptar bajo perturbaciones, como matrices de relaciones internas posibles. Como resultado, cuando el sistema nervioso está en estados referenciales diferentes, compensa las mismas perturbaciones (caracterizadas como configuraciones del ambiente) siguiendo modos de cambio diferentes. Las

emociones, el sueño, la vigilia, son estados referenciales. En la dinámica del sistema nervioso, los estados referenciales se definen, como cualquier otro estado del sistema nervioso, por relaciones de actividad neuronal, y como tales son generados por cambios de actividad neuronal, y causan cambio de actividad neuronal. Lo peculiar de ellos es que constituyen estados sobre los cuales otros estados pueden insertarse como subestados en el proceso de generación de la *autopoiesis* del organismo. Por tanto, su distinción sólo pertenece al dominio de observación; para el sistema nervioso son parte de su dinámica estado-determinada.

B. CONSECUENCIAS

1. Acoplamiento histórico

Debido a su acoplamiento con el organismo, el sistema nervioso necesariamente participa en la generación de relaciones que constituyen el organismo como una unidad autopoiética. Además, debido a este acoplamiento, la organización del sistema nervioso está permanentemente determinada y realizada a través de la generación de relaciones neuronales definidas internamente con respecto al sistema nervioso mismo. Como consecuencia, el sistema nervioso necesariamente opera como *un sistema homeostático que mantiene invariante las relaciones que definen su participación en la autopoiesis* del organismo, y lo hace generando relaciones neuronales que están históricamente determinadas a lo largo de la ontogenia del organismo por su participación en esta ontogenia. Esto tiene las siguientes implicaciones.

i. Los cambios que el sistema nervioso sufre como un sistema homeostático que compensa las deformaciones que sufre como resultado de las interacciones del organismo (a su vez él un sistema homeostático), no pueden localizarse en ningún punto regular del sistema nervioso, sino que deben estar distribuidos en él, de alguna manera estructurada, porque todo cambio localizado es a su vez una fuente de deformaciones adicionales que deben ser compensadas con otros cambios. Este proceso es potencialmente infinito. Como resultado, la operación del sistema nervioso como componente del organismo es una continua generación de relaciones neuronales significativas, y todas las transformaciones que sufre como una red neuronal cerrada están

subordinadas a esto. Si como resultado de una perturbación, el sistema nervioso falla en la generación de una relación neuronal significativa en su participación en la *autopoiesis* del organismo, el organismo se desintegra.

ii. Aunque el organismo y el sistema nervioso son sistemas cerrados y estado-determinados, el hecho de que la organización del sistema nervioso esté determinada a través de su participación en la ontogenia del organismo, hace a esta organización una función de las circunstancias que determinan esta ontogenia, o sea, de la historia de interacciones del organismo y de su constitución genética. Por lo tanto, el dominio de los estados posibles que el sistema nervioso puede adoptar como un sistema estado-determinado es, en todo momento, función de la historia de interacciones y la implica. El resultado es el acoplamiento de dos fenomenologías constitutivamente diferentes, la del sistema nervioso (y el organismo), y la del ambiente (que incluye al organismo y al sistema nervioso), en la forma de un sistema abierto no homeostático, de manera que los estados posibles del sistema nervioso continuamente son conmensurables con el dominio de estados posibles del ambiente. Más aún, ya que todos los estados del sistema nervioso son estados internos, y el sistema nervioso no puede hacer una distinción en sus procesos de transformación entre estados generados interna y externamente, el sistema nervioso, por fuerza acopla su historia de transformaciones tanto a la historia de sus cambios de estado internamente determinados como a la historia de sus cambios de estado externamente determinados. Así, las transformaciones que el sistema nervioso sufre durante su operación son una parte constitutiva de su ambiente.

iii. El acoplamiento histórico del sistema nervioso a la transformación de su ambiente, sin embargo, es aparente sólo en el dominio del observador, no en el dominio de operación del sistema nervioso, que permanece como un sistema homeostático cerrado en el cual todos los estados son equivalentes en la medida que todos llevan a la generación de relaciones que definen su participación en la *autopoiesis* del organismo. El observador puede señalar que un cambio dado en la organización del sistema nervioso surge como resultado de una interacción dada del organismo, y el observador puede considerar este cambio como una representación de las circunstancias de interacción. Esta representación, sin embargo, existe como fenómeno sólo en el dominio de observación, y tiene validez sólo en el dominio generado por el observador cuando éste mapea el medio en la conducta del organismo al tratarlo como una máquina alopoiética. El cambio mencionado en la organización del sistema nervioso constituye un cambio en el dominio de sus posibles

estados bajo condiciones en las que la representación de las circunstancias causales no entra como componente.

2. *Aprendizaje como fenómeno*

Si la conectividad del sistema nervioso cambia como resultado de algunas interacciones del organismo, el dominio de estados posibles que él (y el organismo) pueden adoptar en adelante, cambia; en consecuencia, cuando la misma condición de interacción se repite o aparece una isomórfica, los estados dinámicos generados en el sistema nervioso, y por lo tanto la manera como el organismo mantiene su *autopoiesis*, son diferentes de lo que habrían sido de otra manera. Sin embargo, el que la conducta del organismo bajo condiciones de interacción recurrente (o nuevas) debe ser autopoiética y, por lo tanto, aparezca como adaptativa para un observador, es el resultado necesario del continuo operar homeostático del sistema nervioso y del organismo. Puesto que este operar homeostático continuamente subordina el sistema nervioso y el organismo a la *autopoiesis* de este último de una manera internamente determinada, ningún cambio en la conectividad del sistema nervioso puede participar en la generación de conducta como representación de interacciones pasadas del organismo: las representaciones pertenecen al dominio de las descripciones. El cambio que en el dominio de estados posibles que el sistema nervioso puede adoptar, tiene lugar a lo largo de la ontogenia del organismo como resultado de sus interacciones, constituye el aprendizaje. Así, el aprendizaje como un fenómeno de transformación del sistema nervioso asociado a un cambio conductual que tiene lugar bajo mantención de la *autopoiesis*, ocurre debido al continuo acoplamiento entre la fenomenología estado-determinada del sistema nervioso y la fenomenología estado-determinada del ambiente. Las nociones de adquisición de representaciones del ambiente o de adquisición de información sobre el ambiento en relación con el aprendizaje, no representan ningún aspecto del operar del sistema nervioso. Lo mismo vale para nociones tales como memoria y recuerdo, que son descripciones hechas por un observador de fenómenos que tienen lugar en su dominio de observación, y no en el dominio de operación del sistema nervioso y que, por lo tanto, tienen validez sólo en el dominio de las descripciones, donde quedan definidos como componentes causales en la descripción de la historia conductual.

3. *El tiempo como dimensión*

Cualquier distinción conductual entre interacciones que son desde otro punto de vista equivalentes, en un dominio que tiene que ver con los estados del organismo y no con características del ambiente que definen la interacción, dan origen a una dimensión referencial como modo de conducta. Éste es el caso con el tiempo. Basta que, como resultado de una interacción (definida por una configuración ambiental) el sistema nervioso sea modificado con respecto al estado referencial específico (sentimiento de lo conocido por ejemplo) que la repetitividad de la interacción haya podido generar, para que interacciones que de otra manera serían equivalentes causen conductas distinguibles en una dimensión asociada con su secuencia y, por tanto, originen una manera de comportamiento que constituye la definición y caracterización de la dimensión temporal. Por lo tanto, lo secuencial como una dimensión queda definido en el dominio de las interacciones del organismo, no en el operar del sistema nervioso como una red neuronal cerrada. Similarmente, la distinción conductual que el observador hace de estados secuenciales entre sus estados de actividad nerviosa a medida que interactúa recursivamente con ellos, constituye la generación del tiempo como una dimensión del dominio descriptivo. El tiempo como dimensión en el dominio descriptivo, por lo tanto, es una característica ambiental sólo en la medida en que nuestras descripciones forman parte de nuestro ambiente.

C. IMPLICACIONES

Ya que la historia como fenómeno es accesible al observador sólo en el dominio de las descripciones, es sólo en este dominio que la historia puede participar en la generación de la conducta del observador. De hecho esto ocurre. Las descripciones como conducta lingüística constituyen fuentes de perturbaciones del sistema nervioso y, por lo tanto, parte de su ambiente. En consecuencia, la fenomenología de transformaciones del sistema nervioso discutida anteriormente, también se aplica a las interacciones del organismo en el dominio de las descripciones, y la organización del sistema nervioso es también función de la historia de interacciones del organismo en este dominio. Las implicaciones son obvias. El operar del sistema nervioso no hace distinciones entre sus diferentes fuentes de perturbación y, en consecuencia, no hace

ninguna diferencia con respecto a esta operación el que los agentes perturbadores sean características del ambiente físico o interacciones conductuales con organismos acoplados. Por lo tanto, aunque el sistema nervioso opera de una manera determinista de estado en estado, el tiempo como un modo de comportamiento entra en la determinación de sus estados a través del dominio descriptivo como un componente en el dominio de la conducta del organismo. Lo mismo ocurre con cualquier otro componente del dominio de las descripciones que, aunque no representan estados del sistema nervioso, constituyen componentes causales en el dominio conductual; tal es el caso por ejemplo con nociones como belleza, libertad y dignidad. Ellas surgen como dimensiones en el dominio del comportamiento del organismo a través de distinciones referidas a él mismo, como resultado del acoplamiento de la fenomenología del sistema nervioso como una red neuronal cerrada y el dominio de interacciones del organismo.

No hemos dado una descripción formal del sistema nervioso en el lenguaje de la anatomía o la electrofisiología porque nuestro propósito era evidenciar la organización del sistema nervioso como una red neuronal cerrada, y el lenguaje de la neurofisiología y anatomía implican la noción de un sistema abierto, a través de sus referencias a la función, y las relaciones de entrada y salida. La distinción entre lo que pertenece al dominio del observador y lo que pertenece al sistema, ha sido de gran valor para realizar este propósito, ya que sin ella no habría sido posible revelar la organización cerrada del sistema nervioso. Tampoco habría sido posible reconocer que la correspondencia que el observador ve entre la conducta del organismo y las condiciones del medio en que éste debe sobrevivir, pertenece, como fenómeno, al dominio de la observación del acoplamiento del organismo y el ambiente, y no a ninguna propiedad particular en la conectividad del sistema nervioso.

GLOSARIO

Este glosario sólo contiene palabras que adquieren un significado particular en este trabajo, o que son neologismos nunca usados antes. Por este motivo, todas las definiciones están dadas como citas directas del texto.

ACOPLAMIENTO: Cada vez que el comportamiento de una o más unidades es tal que hay un dominio en el que la conducta de cada una es función de la conducta de las demás, se dice que ellas están acopladas en ese dominio (p. 101).

AUTOCONSCIENCIA: ... la conducta autoconsciente es conducta en el dominio de autoobservación (p. 118).

AUTONOMÍA: ...la autonomía ... revelada de continuo en la capacidad homeostática de los sistemas vivos de conservar su identidad a través de la compensación activa de las deformaciones... (p. 63).

AUTORREPRODUCCIÓN: La autorreproducción tiene lugar cuando una unidad produce otra con organización similar a la de ella misma, mediante un proceso acoplado al proceso de su propia producción. Es evidente que sólo los sistemas autopoiéticos pueden autorreproducirse, porque ellos son los únicos que se forman por un proceso de autoproducción (*autopoiesis*) (p. 94).

CODIFICACIÓN: ...es una noción cognoscitiva que representa las interacciones del observador, y no un fenómeno operativo en el dominio físico... representa la aplicación de un proceso que ocurre en el espacio de la *autopoiesis* a un proceso que ocurre en el espacio del diseño humano (*heteropoiesis*) (p. 81).

DOMINIO COGNOSCITIVO. ...el dominio de todas las interacciones en que un sistema autopoiético puede entrar sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones (p. 115).

DOMINIO COMUNICATIVO: ...una cadena tal de interacciones eslabonadas que, aunque la conducta de cada organismo en cada interacción es determinada

internamente por su organización autopoiética, dicha conducta es para el otro fuente de deformaciones compensables y, por lo tanto, puede calificarse de significativa en el contexto de la conducta acoplada (p. 116).

DOMINIO LINGÜÍSTICO. ...un campo consensual de conducta acoplada que se especifica (se hace consensual) durante el proceso de su generación... Un campo consensual... donde los organismos acoplados se orientan recíprocamente en su conducta, internamente determinada, por medio de interacciones que se han especificado durante sus ontogenias acopladas (p. 116).

DIVERSIDAD: ...variación en el modo como se conserva la identidad (p. 63).

ESPACIO AUTOPOIÉTICO. ...una organización autopoiética constituye un dominio cerrado de relaciones especificadas solamente con respecto a la organización autopoiética que ellos componen, determinando, así, un espacio donde puede materializarse esta organización como sistema concreto, espacio cuyas dimensiones son las relaciones de producción de los componentes que lo constituyen (p. 79).

ESPACIO FÍSICO: Por razones epistemológicas, todo lo que hemos dicho implica un espacio (físico) donde tiene lugar la fenomenología autopoiética (p. 119).

ESPECIE: Una especie es una población, o colección de poblaciones, de individuos interconectados reproductivamente que, de esta manera, son nodos en una red histórica (p. 101).

EVOLUCIÓN: ...la evolución en cuanto proceso es la historia de cambio de un modelo de organización materializado en unidades independientes, generadas secuencialmente a través de etapas autorreproductivas, en las cuales la organización definitoria particular de cada unidad aparece como modificación de la anterior, que constituye así su antecedente secuencial e histórico (p. 96).

EXPLICACIÓN: ...es siempre la reformulación de un fenómeno de manera tal que sus elementos aparezcan causalmente relacionados en su génesis (p. 65).

EXPLICACIÓN BIOLÓGICA: Una explicación biológica debe ser una reformulación en términos de procesos subordinados a la *autopoiesis* de los organismos participantes, o sea, una reformulación en el dominio fenomenológico biológico (p. 109).

FENÓMENO BIOLÓGICO: ...la fenomenología biológica es la fenomenología de los sistemas autopoiéticos, y un fenómeno es un fenómeno biológico solamente en la medida en que depende, de un modo u otro, de la *autopoiesis* de una o más unidades autopoiéticas (p. 107).

FENÓMENO HISTÓRICO: Un fenómeno histórico es un proceso de cambio en el cual cada uno de los estados sucesivos de un sistema cambiante surge como modificación de un estado previo en una transformación causal, y no *de novo* como hecho independiente (p. 96).

FENOMENOLOGÍA ESTÁTICA: La fenomenología estática es una fenomenología de relaciones entre propiedades de componentes (p. 108).

FENOMENOLOGÍA MECANÍSTICA: La fenomenología mecanística es una fenomenología de relaciones entre procesos generados por las propiedades de los componentes (p. 108).

FUNCIÓN: ...la noción de función surge cuando el observador describe los componentes de una máquina o de un sistema refiriéndose a una unidad más amplia —que puede ser la máquina en su totalidad o parte de ella— cuyos estados constituyen el objetivo al que han de conducir los cambios de los componentes (p. 76).

HETEROPOIESIS: ...proceso que ocurre en el espacio del diseño humano (p. 36).

INDIVIDUALIDAD: Las máquinas autopoiéticas poseen individualidad; esto es, por medio de la mantención invariable de su organización conservan activamente una identidad que no depende de sus interacciones con un observador (p. 71).

MÁQUINA: ...las máquinas son unidades... están formadas por componentes caracterizados por ciertas propiedades capaces de satisfacer ciertas relaciones que determinan en la unidad las interacciones y transformaciones de esos mismos componentes... la naturaleza efectiva de los componentes no tiene importancia (ya que) las propiedades particulares que ellos poseen, aparte de las que intervienen en las transformaciones e interacciones dentro del sistema, pueden ser cualesquiera (p. 67).

MÁQUINA ALOPOIÉTICA: ...máquinas (que) producen con su funcionamiento algo distinto de ellas mismas —como en el caso del automóvil (p. 71).

MÁQUINA AUTOPOIÉTICA: Es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: i) generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones, y ii) constituyen a la máquina como unidad en el espacio físico (p. 69).

MÁQUINA HOMEOSTÁTICA: ...máquinas (que) mantienen algunas de sus variables constantes o dentro de un rango limitado de valores (p. 68).

MECANICISMO (EN BIOLOGÍA): ...los únicos factores operantes en la organización de los sistemas vivos son factores físicos..., (se niega) la necesidad de alguna fuerza inmaterial organizadora de lo vivo; ...una vez que se lo ha definido adecuadamente, cualquier fenómeno biológico puede describirse como surgido de la interacción de procesos físico-químicos cuyas relaciones son especificadas por el contexto de su definición (p.p. 63 y 64).

OBSERVADOR: A través de interacciones recurrentes con sus propios estados lingüísticos, un sistema así puede permanecer siempre en situación de interactuar con las representaciones (según se las definió previamente) de sus interacciones (p. 117).

ONTOGENIA: La ontogenia es la historia de transformación de una unidad. Por consiguiente, la ontogenia de un sistema vivo es la historia de la conservación de su identidad a través de su *autopoiesis* continuada en el espacio físico (p. 117).

ORGANIZACIÓN: Las relaciones que determinan, en el espacio en que están definidas, la dinámica de interacciones y transformaciones de los componentes y, con ello, los estados posibles del sistema, constituyen la organización de la máquina (p. 67).

PROPÓSITO: Comúnmente se señala como el rasgo más notorio de los sistemas vivientes el poseer una organización orientada a un fin o, lo que es equivalente, dotada de un plan interno reflejado y realizado por su estructura (p. 75).

PROPÓSITO EN UNA MÁQUINA: El uso que el hombre le da a la máquina... Todas las máquinas que el hombre fabrica, las hace con algún objetivo, práctico o no —aunque sólo sea el de entretener—, que él especifica (p. 68).

REGUACIÓN: ...noción válida en el campo de descripción de las *heteropoiesis* (que) refleja la observación y descripción simultáneas, por el diseñador (o su equivalente), de transiciones interdependientes del sistema que ocurren en un orden preestablecido y a velocidades especificadas (pp. 81 y 82).

RELACIONES CONSTITUTIVAS: ...determinan que los componentes producidos constituyan la topología en que materializa la *autopoiesis* (p. 80).

RELACIONES DE ESPECIFICIDAD: ...determinan que los componentes producidos sean precisamente aquellos componentes definidos por su participación en la *autopoiesis* (p. 80).

RELACIONES DE ORDEN: ...determinan que la concatenación de los componentes en sus relaciones de especificidad, constitutivas y de orden sean las especificadas por la *autopoiesis* (p. 80).

REPRODUCCIÓN: Hay tres fenómenos que se deben distinguir en relación con el concepto de reproducción: la replicación, la copia y la autorreproducción (p. 93).

SELECCIÓN: La selección en cuanto proceso en una población de unidades, es un proceso de realización diferencial de ellas en un contexto que determina las organizaciones unitarias que pueden realizarse (p. 98).

SISTEMA: Cualquier conjunto señalable de componentes que se especifican como constituyendo una unidad (definición no explícita en el texto).

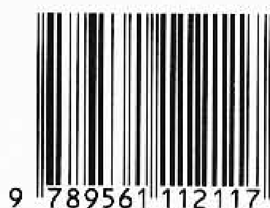
TELEONOMÍA: Comúnmente se señala como el rasgo más notorio de los sistemas vivientes el poseer una organización orientada a un fin... Ese elemento de aparente propósito o posesión de un proyecto o programa (determinado por la especie en la organización de los seres vivos) (pp. 75 y 76).

UNIDAD: La unidad, la posibilidad de distinguirse de un fondo y, por lo tanto, de otras unidades, es la sola condición necesaria para tener existencia en cualquier dominio dado. ...La naturaleza de una unidad y el dominio en que ella existe son especificados sólo por la operación de distinción que la señala, sea ésta conceptual —cuando un observador define una unidad distinguiéndola en su campo de expresión o descripción— sea ésta material —cuando se establece una unidad poniendo efectivamente en acción sus propiedades definitorias mediante su funcionamiento real en el espacio físico (p. 88).



Colección
EL MUNDO DE LAS CIENCIAS

- Desiderio Papp: *Ideas revolucionarias en la ciencia (3 tomos)*
- Francisco Rothhammer, Ricardo Cruz-Coke: *Curso básico de genética humana*
- Armando Roa y otros: *La medicina hacia el año 2000*
- Francisco Santamaría: *Curso de química general (2 tomos)*
- María de la Luz Álvarez: *Deprivación y modelos parentales*
- Louis Gottschalk, Fernando Lolas: *Estudios sobre el análisis del comportamiento verbal*
- Fernando Lolas: *La fisiología como ciencia aplicada*
- Fernando Lolas: *Proposiciones para una teoría de la medicina*
- Fernando Lolas: *La perspectiva psicosomática en medicina*
- Osvaldo Quijada: *Vida y sexo*
- Sergio Peña y Lillo: *Amor y sexualidad*
- Lev landau, Yuri Rumer: *¿Qué es la teoría de la relatividad?*
- Igor Saavedra: *Tiempo, espacio y movimiento*
- Ricardo Capponi: *Psicopatología y semiología psiquiátrica*
- Fernando Oyarzún: *La persona humana y la antropología médica*
- Fernando Oyarzún: *La persona, la psicopatología y psicoterapia antropológicas*
- José Maza: *Astronomía contemporánea*
- Jorge Estrella, Jaime Cordero: *Viejas y nuevas fronteras de la ciencia*
- César Ojeda: *Delirio, realidad e imaginación*
- Miguel Basch: *Problemas de mecánica clásica*
- Robert Solow: *Crecimiento y equidad*
- Humberto Maturana, Francisco Varela: *De máquinas y seres vivos*
- Miguel Kottow: *Introducción a la bioética*
- Humberto Maturana: *Desde la biología a la psicología*
- Otto Dörr: *Espacio y tiempo vividos*
- John Cornwell (Editor): *La imaginación de la naturaleza*
- Paul Christian: *Medicina antropológica*
- Stephen Hawking, Roger Penrose: *Naturaleza del espacio y el tiempo*
- Otto Dörr: *Psiquiatría antropológica*



A veinte años de la publicación de este libro, la noción de *autopoiesis* u organización de lo viviente como caracterización de los sistemas vivos, tiene plena vigencia en nuestros días. En un enfoque mecanicista de la realidad biológica, en que se renuncia a toda explicación teleonómica, los sistemas vivos son explicados en términos de relaciones de producción y no de las propiedades de sus componentes.

La visión propuesta por los profesores Maturana y Varela, no sólo permite entender la fenomenología biológica en su totalidad, llegando en algunos casos a romper con los mitos de la biología, sino que tiene también importantes consecuencias en otros campos del entendimiento humano.

En prólogos separados, los autores, desde sus particulares puntos de vista, revisan los planteamientos centrales de la obra, así como su gestación, a dos décadas de su primera edición.



EDITORIAL UNIVERSITARIA